



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА»



МЕЩЕРСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМ. А.Н. КОСТЯКОВА»  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

КЫРГЫЗСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ К.И. СКРЯБИНА

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

### **МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научно-практической  
конференции,  
посвященной памяти  
члена-корреспондента РАСХН и НАН КР  
академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В.**



**ЧАСТЬ II**

**9 декабря 2020 года**

**г. Рязань**

УДК 631  
ББК 65.32  
Т 384

ISBN 978-5-98660-370-5

Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. – Часть II. – Рязань : РГАТУ, 2020. – 398 с.

**Редакционная коллегия**

Лазуткина Л.Н. – д-р пед. наук, доцент, и.о. проректора по научной работе ФГБОУ ВО РГАТУ, Российская Федерация;

Мажайский Ю.А. – д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ ВНИИГиМ, Российская Федерация;

Атаманова О.В. – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры экологии Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., Российская Федерация;

Икромов И.И. – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры мелиорации, рекультивации и охраны земель Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур, Республика Таджикистан;

Мустафаев М.Г. – д-р аграрных наук, академик РАЕ, заведующий лабораторией мелиорации почв Института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Республика Азербайджан;

Бакулина Г.Н. – канд. экон. наук, доцент, декан факультета экономики и менеджмента ФГБОУ ВО РГАТУ, Российская Федерация;

Бачурин А. Н. – канд. техн. наук, доцент, декан инженерного факультета ФГБОУ ВО РГАТУ, Российская Федерация;

Быстрова И.Ю. – д-р с.-х. наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины и биотехнологии ФГБОУ ВО РГАТУ, Российская Федерация;

Рембалович Г.К. – д-р техн. наук, доцент, декан автодорожного факультета ФГБОУ ВО РГАТУ, Российская Федерация;

Черкасов О.В. – канд. с.-х. наук, доцент, декан технологического факультета ФГБОУ ВО РГАТУ, Российская Федерация

В Часть II вошли материалы пленарного и секционных заседаний: «Проблемы водоснабжения, водоотведения и обводнения», «Комплексные мелиорации земель сельскохозяйственного назначения», «Инженерно-технические решения в современном сельскохозяйственном производстве»

ISBN 978-5-98660-370-5

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

## СОДЕРЖАНИЕ

*Лазуткина Л.Н.* Формирование навыков научно-исследовательской деятельности как компонента профессиональной подготовки выпускников вузов ..... 8

### **Секция «Проблемы водоснабжения, водоотведения и обводнения хозяйственных систем»**

|   |    |
|---|----|
| <i>Абдразаков Ф.К., Чуркина К.И., Логашов Д.В.</i> Анализ существующих технологий удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах .....  | 12 |
| <i>Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А.</i> Повышение эффективности облицовочных покрытий оросительных каналов на основе бетонного полотна .....  | 16 |
| <i>Андреюк С.В.</i> Особенности процессов водоподготовки в системах сельскохозяйственного водоснабжения .....   | 20 |
| <i>Атаманова О.В., Лавров Н.П., Исабеков Т.А.</i> Водораспределение в системах каскадного регулирования расходов воды .....   | 25 |
| <i>Блинова А.В.</i> Влияние макросреды на природопользователей в сфере водных ресурсов .....  | 30 |
| <i>Волчек А.А., Сидак С.В.</i> Модель прогноза среднемесячной температуры атмосферного воздуха Беларуси.....  | 33 |
| <i>Волчек А.А.</i> Оценка изменения стока воды рек бассейна Припяти.....  | 40 |
| <i>Гаврилина О.П., Бoryчев С.Н., Колошеин Д.В.</i> Технические условия и техника автоматизации водоподачи .....   | 46 |
| <i>Евсенкин К.Н., Ильинский А.В.</i> Сравнительная оценка запасов воды снежного покрова пойменных земель в условиях изменения климата .....   | 49 |
| <i>Колошеин Д.В., Гаврилина О.П., Мамонов Р.А.</i> Режим работы затворов и выбор средств автоматизации .....  | 53 |
| <i>Кузнецов М.В.</i> Очистка сельскохозяйственных вод от нитратных и нитритных загрязнений с использованием стекловолокнистых тканых катализаторов .....  | 56 |
| <i>Маслова Л.А., Попов А.С., Гаврикова Е.Ю.</i> Определение химического состава вод дренажного стока .....  | 60 |
| <i>Мищенко Е.В., Селина О.А., Семиохина Е.А.</i> Проблемы водоснабжения и водоотведения в России.....   | 63 |
| <i>Попов А.С., Колошеин Д.В., Худякова А.Н., Прибылова Л.О., Кулькова К.Н.</i> Причины и оценка заболачивания почв.....   | 65 |
| <i>Приходько И.А., Чижевская Н.А., Исламов О.Х., Чаленко И.В.</i> Система водоснабжения Тихорецкого района.....   | 68 |
| <i>Соколов С.Н.</i> Проблемы водоснабжения хозяйственной системы города Нижневартовска ...  | 71 |
| <i>Стич А.А., Улесов А.С., Цедрик Е.С., Гуцалова А.А., Вихман С.В.</i> Роль водоснабжения для здоровья человека, экономики и экологии .....   | 74 |
| <i>Супрун В.А., Ширяева М.А.</i> Обоснование применения сорбционных материалов для очистки и кондиционирования дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем Сарпинской низменности.....  | 76 |
| <i>Ткач Т.С., Попов А.С., Шеремет И.В., Ашарина А.М.</i> Определение осадки и всплывания торфяных почв.....   | 80 |
| <i>Худякова А.Н., Симбирцев С.А., Колошеин Д.В., Малюгин С.Г.</i> Реконструкция ракитной осушительной системы.....  | 83 |
| <i>Ширяева М.А., Супрун В.А.</i> Исследование ионного состава воды с Сарпинской оросительно-обводнительной системы для технологии повторного использования дренажно-сбросного стока с применением природных минеральных сорбентов ..... | 87 |

### **Секция «Комплексные мелиорации земель сельскохозяйственного назначения»**

|   |     |
|---|-----|
| <i>Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Колесова Н.Г.</i> Вопросы регулирования гидротермического режима агрофитоценозов .....   | 93  |
| <i>Борычев С.Н., Колошеин Д.В., Гаврикова Е.Ю., Ашарина А.Н.</i> Почвенно-мелиоративные изыскания.....  | 98  |
| <i>Борычев С.Н., Колошеин Д.В., Гаврикова Е.Ю., Прибылова Л.О., Ашарина А.Н.</i> Определение доз удобрений для минеральных и торфяных почв.....   | 102 |
| <i>Волчек А.А., Мешик О.П.</i> Особенности мелиоративного освоения земель Белорусского Полесья.....   | 104 |
| <i>Голубенко М.И.</i> Капельное орошение на склонах оврага парковой зоны с использованием ландшафтного дизайна на примере «Патриарший сад» города Владимира.....                            | 109 |
| <i>Захарова О.А.</i> Долговечность осушенных торфяных почв мелиоративных объектов Макеевский мыс и Никитское .....  | 114 |
| <i>Ильинский А.В.</i> Содержание макро- и микроэлементов в инфильтрационных водах при использовании биокомпостов.....   | 118 |
| <i>Конторович И.И.</i> Информационная поддержка процесса поиска новых технических решений для защиты водных объектов от диффузного загрязнения.....   | 122 |
| <i>Кузин А.В., Морозов С.А., Афиногенова С.Н., Муссоев Х.Н., Муссоев И.Н.</i> О состоянии мелиоративного фонда Рязанского района Рязанской области.....                                     | 126 |
| <i>Липски С.А.</i> Мелиорация как ключевой фактор реализации новых приоритетов в сфере продовольственной безопасности страны.....   | 135 |
| <i>Лытов М.Н.</i> Требования к конструктивным элементам системы комбинированного орошения.....  | 139 |
| <i>Макарова Н.М., Макаров А.В., Литвиненко Е.В.</i> Исследование лесных насаждений с целью улучшения комплексной мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области..... | 144 |
| <i>Медведников А.Н., Другомилов Р.А.</i> Задачи управления водным режимом на польдерных системах .....  | 150 |
| <i>Митрахович А.И., Авраменко Н.М.</i> Возможности вертикального дренажа по регулированию водного режима почв в гумидной зоне.....  | 153 |
| <i>Пыленок П.И.</i> Природоохранный режим увлажнения осушаемых аллювиальных почв окской поймы.....  | 159 |
| <i>Суворова Н.А., Гаврилина О.П., Колошеин Д.В., Талалаева Э.О., Орешкина М.А.</i> Осушительная система в гидромелиорации.....  | 163 |
| <i>Улесов А.С., Стич А.А., Гуцалова А.А., Цедрик Е.С.</i> Проблема повышения уровня тяжелых металлов в воде, предназначенной для орошения сельскохозяйственных культур.....                 | 167 |
| <i>Чарыкова С.А., Чарыков Д.А.</i> Геоэкологические проблемы гидромелиорации.....   | 171 |
| <i>Чердакова А.С., Гальченко С.В.</i> Оценка изменения содержания общего азота в серой лесной почве, загрязненной изотопом Цезия-137, при внесении различных гуминовых препаратов.....      | 174 |
| <i>Чижевская Н.А., Приходько И.А.</i> Система микроорошения.....  | 178 |

### **Секция «Инженерно-технические решения в современном сельскохозяйственном производстве»**

|   |     |
|---|-----|
| <i>Бачурин А.Н., Чернаков П.И., Корнюшин В.М.</i> Модули повышения мощности с/х машин: блоки компании Steinbauer.....   | 180 |
| <i>Беляков М.В., Мальшкин В.В., Ефременков И.Ю.</i> Выбор спектральных параметров для контроля качественных показателей семян агрокультуры.....   | 186 |
| <i>Беляков М.В., Боровикова А.Н., Ефременков И.Ю., Исаченков Е.Р., Куряков Д.В., Пятченков Д.С.</i> Определение погрешности измерений параметров семян фотолюминесцентным методом ..... | 191 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Богданчиков И.Ю., Бачурин А.Н., Дрожжин К.Н.</i> К вопросу повышения эффективности использования соломы в системе органического земледелия.....  | 194 |
| <i>Борычев С.Н., Якутин Н.Н., Голахов А.А., Симонова Н.В.</i> Рыхлители клубненосного пласта картофелеуборочных машин.....  | 198 |
| <i>Волчек А.А., Мешик А.Н., Мешик К.О.</i> Эффективное управление энергоресурсами при подготовке теплоносителя для обогрева теплиц (на основе метеопрогностического подхода).....   | 201 |
| <i>Волчек А.А., Мешик О.П.</i> Особенности мелиоративного освоения земель белорусского Полесья.....   | 207 |
| <i>Гобелев К.Е., Бочков П.Э., Королев А.А.</i> Влияние влажности на прочность пчелиной обножки в виде перги.....  | 213 |
| <i>Гобелев К.Е., Бочков П.Э.</i> Исследование операций технологии извлечения перги из пчелиных сотов.....   | 216 |
| <i>Горячкина И.Н.</i> Анализ выполненных исследований по использованию биологических препаратов для повышения урожайности и качества растениеводческой продукции.....   | 219 |
| <i>Гуцалова А.А., Улесов А.С., Стич А.А., Цедрик Е.С.</i> Генная инженерия в современном сельскохозяйственном производстве.....   | 224 |
| <i>Даниленко Ж.В., Андреев К.П., Терентьев В.В.</i> Внекорневая подкормка сельскохозяйственных культур.....   | 226 |
| <i>Желтоухов А.А., Юмаев Д.М., Рембалович Г.К.</i> Обзор малогабаритных сельскохозяйственных машин для малых частных фермерских хозяйств.....   | 230 |
| <i>Исмаев Р.Р., Безносюк Р.В., Рембалович Г.К., Кодиров С.Т., Евтехов Д.В.</i> К вопросу повышения эффективности работы органов выносной сепарации картофелеуборочных машин.....  | 233 |
| <i>Исмаев Р.Р., Безносюк Р.В., Рембалович Г.К., Зеленев А.В.</i> К вопросу разнообразия картофелеуборочных машин.....   | 236 |
| <i>Канунников Н.С., Лузгин Н.Е., Коченов В.В.</i> Приготовление канди в домашних условиях...  | 239 |
| <i>Кильдишев А.А., Забара К.А., Шемакин А.В.</i> Предупреждение коррозионного разрушения сельскохозяйственной техники при хранении.....   | 243 |
| <i>Крыгин С.Е., Коченов В.В., Юдаев И.Ю.</i> Эргономическое исследование рабочего места переборщиков картофелеуборочного комбайна ККС-1.....  | 246 |
| <i>Курдюмов В.И., Сиднева И.Е.</i> Совершенствование рабочего органа разбрасывателя минеральных удобрений.....  | 251 |
| <i>Лешуков А.Г., Брагин В.И., Никонов И.В.</i> К вопросу улучшения условий электроснабжения производственных потребителей.....  | 254 |
| <i>Лешуков А.Г., Брагин В.И., Никонов И.В.</i> К вопросу стабилизации напряжения в низковольтной электрической сети.....  | 256 |
| <i>Ликучев А.И., Костенко М.Ю.</i> Анализ современных технологических средств для обработки сельскохозяйственных культур.....   | 259 |
| <i>Ломова Ю.В., Леденева П.А.</i> Теоретическое обоснование влияния уф-лучей на поросят. Разработка автоматизированной излучающей установки.....  | 265 |
| <i>Лысаков М.А., Андросов П.А.</i> Биологические свойства сортов арахиса ( <i>Arachis hypogaea</i> L.).....   | 268 |
| <i>Максименко О.О., Семина Е.С., Сачков П.В., Слободскова А.А., Черкашина В.А.</i> Применение регулируемого электропривода насосов системы водоснабжения животноводческих комплексов крс для снижения энергопотребления.....                                    | 272 |
| <i>Мамонов Р.А., Липин В.Д., Гончаров В.Н.</i> Перспективы применения соевого зерна в учреждениях уголовно-исполнительной системы.....  | 276 |
| <i>Милюткин В.А., Вихтманн V., Сазонов Д.С.</i> Преимущественный выбор сельхозмашиностроительных компаний с многопрофильной номенклатурой выпускаемой высокоэффективной техники (на примере АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании Amazonen-Werke)..... | 280 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Морозов И.А., Бышов Н.В., Богданчиков И.Ю.</i> Разработка анализатора частотно-громкостных характеристик звука на базе платформы arduino с использованием IOS устройства.....  | 285 |
| <i>Нагаев Н.Б., Булгакова А.В., Протасов А.В., Бочков П.Э., Чамкин П.Е.</i> К вопросу использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения пасек.....   | 289 |
| <i>Нагаев Н.Б., Митин С.О., Кондрашов Е.В., Попков А.М., Лиханов Н.О.</i> Структура потерь электроэнергии в сельских электрических сетях с напряжением 0,38 кВ .....  | 293 |
| <i>Новиков Н.М., Полегаева А.О.</i> Анализ средств дезинфекции, используемых при перевозке сельскохозяйственных животных .....  | 297 |
| <i>Олейник Д.О., Гобелев С.Н., Шанина И.И., Калинин А.В., Чибизова Ю.В.</i> Разработка устройства для автоматизации процессов пчеловодства и удаленного мониторинга пасеки  | 301 |
| <i>Псарев А.И., Лансберг А.А.</i> Расчет характеристик годового графика нагрузки подстанции «Куликовская» 110/35/10 кВ, осуществляющей электроснабжение сельскохозяйственных потребителей .....                             | 304 |
| <i>Рубец С.Г.</i> Модернизация рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора .....  | 310 |
| <i>Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О.</i> Направления повышения опорных свойств дождевальных машин.....   | 314 |
| <i>Сельмен В.Н.</i> Сопоставление продукции энергетики и сельского хозяйства .....  | 319 |
| <i>Скобля М.С., Пащенко В.М., Пустовалов А.П., Афанасьев М.Ю., Садовая И.И.</i> Обработка молока инфракрасным излучением низкой интенсивности .....   | 323 |
| <i>Старунский А.В., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю.</i> Повышение контроля эксплуатационной надёжности систем «Агрегат-Масло» мобильной энергетической и транспортной техники .....  | 327 |
| <i>Терентьев В.В., Андреев К.П.</i> Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники в период хранения.....  | 331 |
| <i>Туркин В.Н., Солотнов А.М.</i> Оптимизация системы автоматизации работы трехкамерного мультитемпературного холодильника по frost с принудительной подачей холодного воздуха в камеры и тэновой оттайкой испарителя ..... | 337 |
| <i>Улесов А.С., Цедрик Е.С., Стич А.А., Гуцалова А.А.</i> Проблема повышения уровня тяжелых металлов в воде предназначенной для орошения сельскохозяйственных культур.....  | 340 |
| <i>Ульянов В.М., Паршина М.В., Батирова В.А.</i> Смеситель для приготовления концентрированных кормов.....  | 343 |
| <i>Фатьянов С.О., Абирова Р.А., Морозов А.С., Пустовалов А.П., Мишина Т.О.</i> Применение комбинированного устройства защиты .....  | 349 |
| <i>Фатьянов С.О., Танабаев А.С., Морозов А.С., Пустовалов А.П., Мишина Т.О.</i> Обоснование параметров устройства защиты погружного электронасоса .....   | 353 |
| <i>Фатьянов С.О., Фадькин И.Г., Морозов А.С.</i> Анализ способов реализации максимального быстрого действия в системах автоматического регулирования температуры овощехранилища   | 356 |
| <i>Ханин Д.В., Несмиян А.Ю., Хижняк В.И.</i> Определение рациональных параметров «пневмоворощающего» высевающего диска вакуумного аппарата сеялки точного посева ....   | 361 |
| <i>Хохлова Л.И., Паутова Е.П.</i> Инженерно-технологические особенности конструкций современных промышленных теплиц 5-го поколения.....   | 366 |
| <i>Худяков А.А., Чепикова Т.П., Красильников С.Н.</i> Электромобили в 21 веке. Их преимущества, недостатки, проблемы развития.....  | 370 |
| <i>Чернышев А.Д., Костенко М.Ю., Безносок Р.В., Рембалович Г.К.</i> Обоснование параметров регулируемой газовой среды для хранения комбикормов.....   | 374 |
| <i>Чурилов Д.Г., Арапов И.С., Рембалович Г.К.</i> Улучшение процесса нанесения покрытий методом хромирования.....   | 377 |
| <i>Чурилов Д.Г., Арапов И.С., Мальгина А.Ю.</i> Эколого-экономические аспекты хромирования  | 381 |
| <i>Эркинхожиев И.И.</i> Основы повышения уровня локализации сельскохозяйственной техники  | 385 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Юдаев Ю.А., Коробчилкин С.И.</i> Расчет поперечной несимметричной системы электроснабжения при аварийных режимах работы .....         | 387 |
| <i>Юдаев Ю.А., Коробчилкин С.И.</i> Защита электрооборудования от ударов молнии.....   | 391 |
| <i>Юмаев Д.М., Желтоухов А.А., Рембалович Г.К.</i> Анализ современных дождевальных машин для орошения сельскохозяйственных культур ..... | 393 |

## ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК КОМПОНЕНТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ

*Л.Н. Лазуткина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО РГГУ, г. Рязань*

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема формирования навыков научно-исследовательской деятельности как значимого компонента профессиональной подготовки выпускников вузов посредством применения в образовательном процессе проблемных методов обучения, направленных на формирование у обучающихся навыков самостоятельной организации поисково-исследовательской деятельности, обеспечивающих развитие их логического мышления и познавательной активности, способствующих быстрой адаптации в условиях реальной производственной деятельности.

**Ключевые слова:** *исследовательская деятельность, профессиональная подготовка, образовательный процесс, проблемные методы обучения.*

**Summary.** The article considers the problem of skills development in research activities as a significant component of professional training of university graduates using problem teaching methods in the educational process. The latter is aimed at developing students' skills of independent organization of search and research activities, ensuring the development of their logical thinking and cognitive activity and contributing to rapid adaptation in real production activities.

**Key words:** *research activity, professional training, educational process, problem teaching methods.*

В современных реалиях профессиональной деятельности выпускники практически всех направлений подготовки и специальностей высшего образования должны обладать высоким уровнем адаптивности в стремительно меняющихся условиях научно-технологического развития отраслей экономики, диктующих свои требования к качеству сформированности их компетентностной базы и готовности к решению задач профессиональной деятельности, среди типов которой особую роль играют научно-исследовательские задачи.

Большинство внедряемых в производство инновационных технологий, методов и приемов, а также технических решений являются по своей сути научными разработками, носящими в основном прикладной характер, но при этом опирающимися на достижения фундаментальной науки. Эффективное функционирование специалиста-выпускника вуза в усложняющихся профессионально-производственных реалиях обуславливает необходимость формирования у него таких компетентностных характеристик, как способность применения системного и научного подхода к организации своей трудовой деятельности, наличие достаточной научно-теоретической знаниевой базы, позволяющей ему быстро осваивать новую технику и технологии.

Необходимость постоянного совершенствования своей отраслевой компетентности, повышения профессиональной квалификации требует от выпускника вуза высокого уровня развития всех психических познавательных процессов, в частности, точности и полноты восприятия, позволяющего адекватно оценить профессионально обусловленную ситуацию; наглядно-образного представления, способствующего формированию понятийного аппарата личности; широты воображения, обеспечивающего целенаправленное, мысленное моделирование создаваемых объектов, прогнозирование и вариативность результатов профессиональной деятельности; оперативности и гибкости логического мышления, лежащего в основе развития его интеллектуальных способностей.

Для достижения вышеперечисленных целей в ходе образовательного процесса в вузе необходимо уделять особое внимание формированию навыков научно-исследовательской деятельности как значимого компонента профессиональной подготовки выпускников.

Педагогической направленности научно-исследовательской деятельности обучающихся в вузе способствует применение альтернативных форм и методов организации образовательного процесса, позволяющих акцентировать значимость универсальных компетенций выпускника, его способности к рефлексии, самообучению и, как предписано ФГОС ВО, выстраиванию и реализации траектории саморазвития на основе принципа самообразования в течение всей жизни.

Представители психолого-педагогической науки считают, что катализатором развития творческого мышления могут послужить противоречия, пути решения которых человек не способен определить, исходя из имеющейся у него на данный момент знаниевой базы и практического опыта. Необходимость разрешения возникшей проблемы вызывает умственное затруднение, преодоление которого требует значительного мыслительного напряжения в ходе активных поисков оптимального выхода из проблемной ситуации. Интенсивность мыслительных процессов повышается при проецировании имеющихся знаний и опыта на новые обстоятельства, при попытке выявить причинно-следственные закономерности и взаимосвязи новых явлений и фактов и таким образом объяснить противоречие.

Исходя из вышесказанного, наиболее эффективными средствами формирования навыков научно-исследовательской деятельности как значимого компонента профессиональной подготовки выпускников вузов являются методы проблемного обучения, среди которых выделяются проблемно-поисковые, исследовательские и проектные методы.

Применение проблемно-поисковых методов обучения в образовательном процессе вуза направлено не столько на вооружение обучающихся набором определенных профессиональных компетенций, сколько на развитие их личностно-мотивационных аспектов и интеллектуальных способностей.

Одной из приоритетных целей применения проблемно-поисковых методов в ходе организации обучения в современном вузе является формирование у студентов навыков поиска, анализа и отбора информации. Кажется, что при наличии колоссальной базы интернетресурсов проблем с получением необходимой информации быть не может. Между тем, именно громадность ее объемов является зачастую причиной появления затруднений у обучающихся с ее актуализацией, систематизацией, дифференциацией и конкретизацией применительно к задачам их научно-образовательной деятельности.

В основе реализации проблемно-поискового метода лежит создание в ходе обучения проблемных ситуаций, заключающих в себе внутренние противоречия и, как следствие, побуждающих студентов к необходимости их решения, что, в свою очередь, требует от обучающегося самостоятельного поиска новых знаний, самоорганизации его образовательной деятельности, умения правильно сформулировать целеполагание. Именно в этом заключается специфика проблемно-поискового метода обучения как средства активизации самостоятельной интеллектуальной деятельности обучающихся по освоению новых знаний, умений и навыков, обеспечивающего их прочное, сознательное и глубокое усвоение, а также развитие исследовательской направленности абстрактно-логического мышления студента, его стремления к творческому поиску.

Проблемно-поисковое обучение в вузе представляет собой динамичный процесс, в котором все компоненты взаимосвязаны, взаимообусловлены и профессионально ориентированы. Так, в частности, при разработке учебных проблемных ситуаций преподавателю целесообразно моделировать некоторые элементы профессионально-производственной среды, позволяющие имитационными методами воспроизводить аспекты реальной практической деятельности и тем самым повышать мотивацию обучающихся к овладению избранной специальностью и усиливать интерес к самостоятельному научно-исследовательскому поиску.

Проблемно-поисковый метод обучения предполагает поэтапную организацию и реализацию проблемных ситуаций, а именно:

- планирование, моделирование и организационно-методическое сопровождение профессионально-ориентированной проблемной ситуации;
- осуществление коллективного обсуждения и выявления возможных вариантов решения проблемной ситуации;
- выявление наиболее рационального и адекватного ситуации варианта разрешения проблемы;
- систематизация полученных результатов, рефлексия, анализ эффективности примененных поисковых методов и приемов;
- подведение итогов, оценка качества решения проблемной ситуации, формулирование выводов.

К категории методов проблемного обучения относятся и исследовательские методы, рекомендуемые при организации образовательного процесса в вузе создание таких педагогических ситуаций, которые предполагают вовлечение обучающихся в активный интеллектуальный поиск, требуют от них проведения системно-логического оценивания поставленных исследовательских задач, самостоятельного принятия обдуманных и адекватных решений.

Выполнение вышеназванных условий при использовании исследовательских методов обучения в вузе обеспечивает развитие у студентов всех познавательных процессов, служит толчком к продуктивному мышлению, направленному на поиск выхода из смоделированной преподавателем педагогической проблемной ситуации, решения исследовательской задачи, а, следовательно, формированию навыков научно-исследовательской деятельности как значимого компетентностного компонента профессиональной подготовки выпускников.

Ключевой задачей исследовательского метода обучения в вузе является активизация интеллектуальной деятельности обучающихся, исключение бездумного, механического запоминания учебной и научной информации, ознакомление их с методами и приемами научно-исследовательской работы. Исследовательский метод предполагает формирование у студентов вузов творческого подхода к организации собственной образовательной деятельности, стремления к самостоятельному овладению элементами научного познания, в частности, формулированию проблемы, выдвижению гипотезы исследования, планированию и организации проверки ее реалистичности, обобщению и систематизации выводов и др.

Педагогическая эффективность учебных заданий, применяемых в рамках исследовательского метода, зависит от наличия в них таких элементов самостоятельного исследовательского процесса, как: постановка целей и определение задач, обоснование способов исследования, прогнозирование вероятных результатов, поиск соответствующих источников необходимой информации, системная организация процесса исследования, анализ и обобщение полученных результатов.

Достаточно популярными в современной педагогической практике высшей школы среди проблемных методов обучения являются методы проектов. По определению Е.С. Полат: «Метод проектов предполагает определенную совокупность учебно-познавательных приемов и действий обучаемых, которые позволяют решить ту или иную проблему в результате самостоятельных познавательных действий и предполагающих презентацию этих результатов в виде конкретного продукта деятельности. Если говорить о методе проектов как о педагогической технологии, то эта технология предполагает совокупность исследовательских, проблемных методов, творческих по самой своей сути». [4;3-9]

В ходе реализации в вузе метода проектов наиболее значимым является процессуальный компонент по сравнению с результативным, так как здесь превалирует направленность на развитие познавательно-поисковых умений и аналитических способностей студентов, их направленности на самообразование, стремление к информационно-поисковой компетентности в условиях глобальной цифровизации.

Кроме того, метод проектов обладает значительным мотивационным потенциалом, так как его содержательные рамки достаточно широки и условны и позволяют включать в себя лично значимую для обучающихся профессионально-ориентированную или актуализированную научно-исследовательскую задачу. При этом в педагогическом проекте применяются задания, не имеющие заранее прогнозируемых путей решения. В ходе выполнения проекта обучающимся предлагается разработать собственный алгоритм проектно-преобразовательной деятельности, продемонстрировать навыки самостоятельного поиска и отбора информации, умение аккумулировать и актуализировать ранее освоенные знания.

Итогом применения в образовательном процессе вуза педагогического метода проектов должно стать развитие интеллектуальных и творческих способностей обучающихся, навыков самоорганизации и планирования ими своей деятельности, ответственности за принятие решений и достижение целей, приобретение практического опыта будущей профессиональной деятельности

Таким образом, формированию навыков научно-исследовательской деятельности как значимого компонента профессиональной подготовки выпускников способствует применение в образовательном процессе вуза проблемных методов обучения, направленных на формирование у обучающихся аналитико-исследовательского мышления, опыта научно-поисковой деятельности, развитие у них самостоятельности, рефлексии и познавательной активности.

## Литература

1. Кудинова, О.С. Проектная деятельность в вузе как основа инноваций/ О.С. Кудинова, Л.Г. Скульмовская // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4. – С. 43-47.
2. Минюк, Ю.Н. Метод проектов как инновационная педагогическая технология/ Ю.Н. Минюк // Сб.: Инновационные педагогические технологии : Материалы I Международной научной конференции (г. Казань, октябрь 2014 г.). – Казань : Бук, 2014. – С. 6-8.
3. Новикова, Т.Д. Проектные технологии на уроках и во внеурочной деятельности/ Т.Д. Новикова // Народное образование. – 2015. – № 7. – С. 151-157.
4. Полат, Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. Н. Полат. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 272 с.
5. Коровин, Ю.И. О некоторых аспектах трансформации образовательного процесса с учетом актуальных потребностей агропромышленной отрасли/ Ю.И. Коровин, О.В. Федорова // Сб.: Новые технологии в науке, образовании, производстве : Материалы Международной научно-практической конференции. – Частное образовательное учреждение высшего образования «Региональный институт бизнеса и управления», 2016. – С. 63-68.

УДК 631.6

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Ф.К. Абдразаков<sup>1</sup>, К.И. Чуркина<sup>1</sup>, Д.В. Логашов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО СГАУ, г. Саратов

**Аннотация.** Введение включает в себя описание оросительных каналов, их физический и моральный износ, а также нынешнее состояние парков мелиоративной техники и машин по обслуживанию оросительных каналов. Методика исследования основывается на реферировании и цитировании трудов известных ученых. Основная часть анализа базируется на описании традиционных и наиболее применяемых технологий очистки оросительных каналов от нежелательной растительности. Описаны негативные последствия выкорчевывания пней и растительности на каналах бермах. По анализу существующих технологий самым приоритетным и экологическим является химический способ удаления пней, при условии соблюдения всех норм и правил использования.

**Ключевые слова:** мелиорация, гидротехнические сооружения, оросительный канал, облицовка оросительного канала, гербициды, химическая мелиорация.

**Summary.** The introduction includes a description of irrigation channels, their physical and moral wear and tear, as well as the current state of parks of reclamation equipment and machines for servicing irrigation channels. The research methodology is based on abstracting and quoting the works of famous scientists. The main part of the analysis is based on the description of traditional and most used technologies for cleaning irrigation channels from unwanted vegetation. The negative consequences of uprooting stumps and vegetation on the channels of berms are described. According to the analysis of existing technologies, the highest priority and environmental is the chemical method of removing stumps, subject to compliance with all the rules and regulations of use.

**Keywords:** land reclamation, hydraulic structures, irrigation canal, irrigation canal lining, herbicides, chemical reclamation.

**Введение.** Мелиорация – одна из важнейших отраслей современного сельского хозяйства. Она позволяет увеличить производство продукции и получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. В засушливых регионах большое значение имеет орошаемое земледелие, так как оно позволяет предотвратить пагубное воздействие засух и получать стабильные и высокие урожаи, а также снабжать население чистой питьевой водой.

В настоящее время мелиорация с точки зрения развития данной отрасли пребывает в тяжелом состоянии. Парк мелиоративных и строительных машин, а также специализированной мелиоративной техники, в организациях эксплуатирующих оросительные системы практически не обновляется. Финансирования хватает только на то, чтобы в основном поддерживать подачу воды на жизненно важные объекты и на орошаемые площади. Это привело к тому, что выполнение эксплуатационно-ремонтных работ не обеспечивает полную очистку каналов. Они стали зарастать различной растительностью, разрушается их облицовка, происходит заиливание русел. Тема данной статьи является актуальной и требует современных и эффективных решений.

**Целью данной работы является** анализ существующих технологий удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах.

Основой данной работы являются труды из научных библиотек, монографий, теоретических и практических исследований современных и отечественных ученых в области мелиорации и гидротехнического строительства.

**Методика анализа.** При проведении исследования использовался метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом. Теоретический метод включал в себя реферирование, конспектирование и цитирование общих и специальных научных трудов ученых по данному наукоёмкому направлению.

**Основная часть.** При расчистке земель, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, можно встретить участки, заросшие различной по возрасту, высоте, диаметру ствола и породами древесно-кустарниковой растительности. В связи с этим применяется различная технология её удаления, определяющая виды используемых машин и орудий [1,2].

В практике культурно-технических мероприятий древесно-кустарниковая растительность подразделяется на кустарник, мелколесье и лес, которые в свою очередь делятся на более мелкие категории по размерам и высоте (таблицу 1) [2-3].

Таблица 1 – Характеристика древесно-кустарниковой растительности по диаметру и густоте

| Тип растительности      | Диаметр, см | Число стволов (шт. на 1 га) для леса при разной густоте |                 |           |
|-------------------------|-------------|---|-----------------|-----------|
|                         |             | густой  | средней густоты | редкий    |
| Кустарник:              |             |   |                 |           |
| мелкий (высотой до 2 м) | до 4        | более 60  | 60–30           | Менее 30  |
| крупный (высотой 2–5 м) | 4–6         | то же   | то же           | то же     |
| Мелколесье              | 7–10        | то же   | то же           | то же     |
| Лес:                    |             |   |                 |           |
| очень мелкий            | 11–16       | более 1100  | 1100–600        | менее 600 |
| мелкий                  | 17–24       | более 700   | 700–400         | менее 400 |
| средней крупности       | 25–32       | более 430   | 430–250         | менее 250 |
| крупный                 | более 32    | то же   | то же           | то же     |

Показатели, характеризующие густоту кустарника и мелколесья, согласно, приведены в таблице 2 [2-3].

Таблица 2 – Характеристика густоты кустарника и мелколесья

| Характеристика густоты | Количество на 1 га, шт.         |                                    |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
|                        | стволов (при срезке кусторезом) | кустов (при корчевке корчевателем) |
| Редкий                 | до 3000                         | до 900                             |
| Средний                | 3 001–10 000                    | 901–1 250                          |
| Густой                 | более 10 000                    | 1 251–2 200                        |

Условно по трудности очистки земель от древесно-кустарниковой растительности можно выделить участки следующих типов [1-6]:

- с наличием деревьев, пней, мелколесья и кустарников;
- с наличием мелколесья и кустарника, без пней и деревьев;
- с наличием только кустарниковой растительности;
- покрытые мелким и средним кустарником.

На оросительных каналах в настоящее время из-за отсутствия надлежащего ухода и различной степени зарастания встречаются все четыре типа участков.

Для удаления древесно-кустарниковой растительности применяются технологические схемы [1, 2, 3, 7, 8]:

- с отдельным корчеванием;
- применением кусторезов;
- применением фрезерных машин;
- запашкой кустарника под пласт;
- применением химических средств и др.

Корчевание выполняют корчевателями и корчевателями-собирающими различных марок. Выкорчеванную древесно-кустарниковую массу подбирают собирающими-погрузчиками.

В мелиоративном производстве широко распространен отдельный метод корчевания. При этом способом выкорчеванную массу не сразу сгребают в валы или кучи, а перемещают на расстояние 10–15 м от места корчевки, одновременно переворачивают корневой системой вверх (по возможности на южную сторону) и оставляют в таком виде на срок, необходимый для просыхания прилипшей к корням земли (10–20 дней и более). Далее выкорчеванную массу сгребают по челночной схеме в направлении, перпендикулярном корчеванию. При этом приставшая к корням почва должна осыпаться, для чего всю перемещаемую массу рекомендуется периодически встряхивать.

Собранную древесно-кустарниковую массу в традиционных технологиях уборки кустарника редко используют в хозяйственных или промышленных целях. Ее уничтожают сжиганием с применением специальных ранцевых зажигательных аппаратов, навесных огнеметов на тракторах и т.д. Иногда, например, на торфяных почвах во избежание выгорания торфа древесину вывозят или закапывают в траншеи.

При эксплуатации оросительных каналов с применением традиционных технологий также производится корчевание пней, однако данная операция является нежелательной. Одним из основных недостатков корчевания, помимо высокой энергоемкости процесса, является повреждение бетонной облицовки. Исправление повреждений облицовки занимает значительное количество времени и требует больших затрат. Также после корчевания необходимо производить разравнивание неровностей почвы бульдозером или автогрейдером [5,6].

В существующих технологиях кусторезы применяют на участках, покрытых кустарником и мелколесьем с максимальным диаметром у прикорневой шейки до 15 см. Технологическая схема очистки закустаренных объектов включает следующие операции[9,10]:

- срезка наземной древесины;
- сбор срезанной массы в вал;
- корчевка корневых остатков;
- сбор корневых остатков в вал;
- уничтожение валов;
- первичная вспашка;
- разделка пластов;
- планировка поверхности;
- подбор мелких древесных остатков;
- прикатывание.

Перспективным направлением в решении проблемы очистки мелиоративных объектов от древесно-кустарниковой растительности, с учетом современного уровня развития химической промышленности, является химико-механический способ. В настоящее время в качестве арборицидов применяют вещества, которые проникают в растения, накапливаются в них и, нарушая процессы обмена веществ, вызывают отмирание растений. Древесные породы засыхают, и начинается процесс разложения (гниения) ветвей, стволов и корневой системы. За 2–3 года тонкие стволы перегнивают, толстые превращаются в ломкий сухостой [1, 2, 9, 10].

Химическая обработка является целесообразной, если в составе древесно-кустарниковой растительности содержится не более 20% пород, устойчивых к арборицидам. Обработка производится в летние безветренные дни с конца мая до середины августа [10].

Крупные массивы, заросшие древесно-кустарниковой растительностью более чем на 50%, обрабатывают с самолетов. Этот способ эффективен и высокопроизводителен, однако при очистке оросительных каналов не допустим. На небольших участках (в частности на бермах каналов), заросших кустарником менее чем на 50%, химическую обработку проводят с помощью наземных опрыскивателей и аэрозольных генераторов на базе тракторов [11].

Уборку засохших кустов и деревьев рекомендуется проводить после того, как древесина стволов и корней в достаточной степени перегниет и потеряет механическую прочность. Для удаления сухостоя применяют корчеватели, бульдозеры, тракторные катки, тяжелые корчевальные цепи, широкозахватные тракторные грабли и др.

После химической обработки каналы очищаются от кустарника на 3–5 лет. Впоследствии, по мере необходимости, опрыскивание кустарника периодически повторяют.

Химический способ очень эффективен, однако его необходимо применять в строгом соответствии с действующими инструкциями, соблюдая все меры предосторожности. Обеспечить экологическую безопасность химического метода можно только с применением современных арборицидов и эффективных технических средств для их рационального внесения.

**Вывод.** Нами был проведён литературный обзор литературы по удалению древесно-кустарниковой растительности, из которого был выделен химический способ, как наиболее эффективный и приоритетный. Традиционные технологии являются грубыми и нежелательными, так как они могут повредить поверхности и берму оросительно канала при корчевании, что недопустимо и может быть катализатором к дальнейшему пассивному разрушению канала. Таким образом, нами был проведен анализ существующих технологий удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах.

## Литература

1. Абдразаков, Ф.К. интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве: монография/ Ф.К. Абдразаков. – Саратовский государственный аграрный университет им.Н. И. Вавилова. – Саратов, 2002. – 352 с.
2. Абдразаков, Ф.К. технология и технические средства технического обслуживания и ремонта оросительных каналов/ Ф.К. Абдразаков, В.С. Егоров, Р.Н. Бахтиев. – Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009. – 152 с.
3. Абдразаков Ф.К. Процесс взаимодействия фрезерных рабочих органов, оснащенных криволинейными ножами, с грунтом оросительных каналов при проведении ремонтно-эксплуатационных работ/ Ф.К. Абдразаков, А.В. Поваров // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2015. – № 4 (16). – С. 111-119.
4. Абдулмаджидов, Х.А. Очистка дренажных каналов от отложений сайлани и растительности/ Х.А. Абдулмаджидов, М.А. Карапетян // Агроинженерия. – 2016. – № 5 (75). – С. 13-17.
5. Абдразаков, Ф.К. ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства/ Ф.К. Абдразаков. – Саратов : Саратовский государственный аграрный университет им.Н. И. Вавилова, 2019. – 164 с.
6. Бандурин, М.А. Технология водохозяйственного мониторинга технического состояния закрытого дренажа на оросительных системах/ М.А. Бандурин, В.А. Волосухин, В.В. Ванжа // Material Science Forum. – 2018. – Vol. 931 – Pp. 214-218.
7. Карпенко, Н.П. Классификация мероприятий по безопасной эксплуатации мелиоративных систем/ Н.П. Карпенко, И.Ф. Юрченко // Экологическая инженерия. – 2016. – № 1. – С. 58-62.

7. Ковалек, Н.С. Современные направления исследований в области сплошных рубок деревьев и кустарников/ Н.С. Ковалек, М.В. Ивашнев // ИВД. – 2016. – № 3. – С. 40-42.
9. Мажугин, Е.И. Анализ перспективных конструкций режущих элементов роторных косилок для ухода за мелиоративными системами/ Е.А. Мажугин, С.Г. Рубец // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1. – С. 118-123.
10. Платонов, А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации/ А.А. Платонов // Ресурс. технол.– 2017. – № 2. – С. 33-48.
11. Снопко, Д.Н. Подготовительные работы с использованием техники кусторезания/ Д.Н. Снопко, Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова // МНИЖ. – 2017. – № 11-4 (65). – С. 73-76.
12. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С.323-326.
13. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

УДК 631.6

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ НА ОСНОВЕ БЕТОННОГО ПОЛОТНА

*Ф.К. Абдразаков<sup>1</sup>, А.А. Рукавишников<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО СГАУ, г. Саратов

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные проблемы водоснабжения и водоотведения оросительной сети на примере оросительных каналов Саратовской области. Проблему фильтрационных потерь и постоянно растущего физического и морального износа нельзя решить с помощью проведения текущего ремонта. Предлагается использовать более современные материалы, сокращающие строительный процесс и повышающие КПД оросительных каналов. В качестве рационального облицовочного варианта предлагается бетонное полотно.

**Ключевые слова:** мелиорация, гидротехнические сооружения, оросительный канал, облицовка оросительного канала, бетонное полотно, бетонные плиты.

**Summary.** The article deals with the main problems of water supply and drainage of the irrigation network on the example of irrigation channels in the Saratov region. The problem of filtration losses and ever-increasing physical and moral wear and tear cannot be solved by performing routine repairs. It is proposed to use more modern materials that reduce the construction process and increase the efficiency of irrigation channels. As a rational facing option, a concrete web is offered.

**Keywords:** land reclamation, hydraulic structures, irrigation canal, irrigation canal lining, concrete canvas, concrete slabs.

**Введение.** Водоснабжение и водоотведение является неотъемлемой частью ведения эффективного сельского хозяйства на орошаемых площадях. Нарушения графиков орошения может отразиться на будущих урожаях. Как известно транспортировка и подача оросительной воды осуществляется по каналам оросительной сети. Однако, постоянно растущий физический и моральный износ оросительных каналов отражается на таких показателях как КПД, фильтрации и транспортирующей способности оросительных каналов. При этом фильтрация оросительной воды в определенных объемах допускается и

на полностью исправных и облицованных бетонными плитами каналах. На данный момент времени облицовочные бетонные плиты и монолитный бетон не являются единственным эффективным материалом для покрытия оросительных каналов, включая отечественные способы борьбы с фильтрацией: кольматация грунта, уплотнение грунта и т.д. Со временем появились материалы, способные решить существующие проблемы при меньшей затрате физических и материальных ресурсов. Таким образом, тема статьи является актуальной и заслуживает внимания[1].

**Целью данной работы является** повышение эффективности облицовочных покрытий оросительных каналов на основе бетонного полотна.

Основой данной работы являются труды из научных библиотек, монографий, теоретических и практических исследований современных и отечественных ученых в области мелиорации и гидротехнического строительства.

**Методика исследования.** При проведении исследования использовался метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом. Теоретический метод включал в себя реферирование, конспектирование и цитирование общих и специальных научных трудов ученых по данному наукоёмкому направлению.

**Основная часть.** На сегодняшний день подавляющее большинство оросительных каналов оросительной сети имеют бетонную облицовку, при этом остаётся небольшая часть каналов в земляном русле. На примере Саратовской области рассмотрим протяженность каналов, а также количество облицованных каналов (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Состояние мелиоративного комплекса Саратовской области за 2017 год

| Наименование показателей     | Единица измерения | Протяженность | Требует восстановления % |
|------------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| Постоянная оросительная сеть | км                | 5887,3        | 81,5                     |
| всего:                       | км                | 1205,5        | 30*                      |
| В том числе каналы:          |                   |               |                          |
| Из низ:                      | км                | 821           | 35*                      |
| в облицованном русле:        | км                | 384,5         | 30*                      |
| в земельном русле            |                   |               |                          |
| Пашня                        | тыс. га           | 3730,9        |                          |
| Из них:                      |                   |               |                          |
| орошаемые земли              | тыс. га           | 285,4         |                          |

Анализируя данные таблицы 1 можно сказать, что постоянная мелиоративная сеть Саратовской области находится в критическом состоянии. Открытые оросительные каналы занимают 20% от всей оросительной сети, при этом износ достиг примерно 30%. Износ оросительных каналов в 30% подразумевает, что оросительные каналы протяженностью в 400 километров нуждаются в реконструкции [3, 4].

Решения по реконструкции оросительных каналов необходимо принимать в соответствии с возможностями руководствующих филиалов использовать тот или иной материал, а также индивидуальных особенностей оросительной сети.

В работах Ю.М. Косиченко О.А. Баева и А.В. Ищенко описаны общие потери оросительной воды в оросительной системе и потери оросительной воды по участкам оросительной сети на примере Ростовской области и Ставропольском крае. Данные статистические данные также актуальны и для нашего исследования, так как 65% общих

\* Примерное значение.

потерь воды приходится на фильтрацию, при этом 55% потерь по участкам приходится на внутрихозяйственную сеть (рисунок 1) [5, 6].

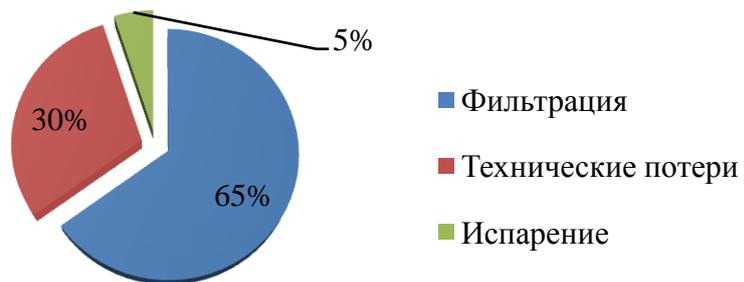


Рисунок 1 – Виды потерь оросительной воды

Технические и технологические решения по реконструкции оросительных каналов принимаются только относительно тех каналов, которые не могут эффективно выполнять свои функции. К таким каналам можно отнести ряд Балаковских оросительных каналов имеющих значительный износ или высокий % потерь оросительной воды на фильтрацию (рисунок 1). На рисунке 2 оросительный канал не находится в критическом состоянии, однако имеет определённый процент наносов на дне канала и разрушенные бетонные швы или их отсутствие, что негативно сказывается на работе канала в целом.



Рисунок 1 – Оросительный канал Балаковского Филиала «Управление Сармелиоводхоз»



Рисунок 2 – Оросительный канал Балаковского Филиала «Управление Сармелиоводхоз»

Предлагаемая нами модернизация каналов сконцентрирована на замене или укладке на земляное русло бетонного полотна. Бетонное полотно – это инновационный облицовочный материал, применяемый в гидротехническом строительстве. Бетонное полотно имеет следующий вид (рисунок 3).



Рисунок 3 – Структура бетонного полотна

При использовании данного материала можно решить следующие проблемы:

- фильтрационные потери оросительной воды;
- долгий и затратный строительный процесс;
- наличие большого количества тяжелой техники и машин;
- Повышение низкого КПД оросительных каналов до требуемого уровня.

Для наглядности нами был проведён сравнительный анализ характеристик бетонного полотна и бетонной облицовки определённых марок ( таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ характеристик облицовочных материалов

| Показатель   | Бетонное полотно СС8 | Бетонная облицовка ПКН. 60.20 |
|--|----------------------|-------------------------------|
| Стоимость 1м <sup>2</sup> , рублей                 | 1424                 | 939                           |
| Масса 1м <sup>2</sup> , кг                         | 9,2                  | 150                           |
| Скорость укладки 1м <sup>2</sup> , в день          | 800                  | 80                            |
| Приобретение 80% необходимой прочности, часов      | 24                   | 72                            |
| Приобретение марочной прочности необходимой, часов | 240                  | 672                           |
| Морозостойкость, циклов                            | 250                  | 400                           |
| Прочность, Мпа                                     | 40,21                | 44,95                         |
| Коэффициент Шези                                   | 0,011                | 0,013                         |
| Срок эксплуатации, лет                             | 50 лет               | 50 лет                        |

Обоснование: СС8 – марка бетонного полотна, толщина материала равняется 8мм; ПКН. 60.20 – марка бетонной плиты для гидротехнического строительства размерами длина – 6 метров, ширина – 2 метра, высота 20 см.

**Вывод.** Проведённый анализ наглядно показал, что бетонное полотно не уступает по большинству показателей, а по некоторым даже превосходит традиционный материал. Безусловно бетонная облицовка является самым надёжным материалом на сегодняшний день, однако трудоёмкий и затратный процесс строительства, допустимые фильтрационные потери и сложность монтажа бетонных блоков сигнализируют о необходимости поиска

современных решений и технологий строительства. Таким образом, нами был предложен вариант повышения эффективности облицовочных покрытий оросительных каналов на основе бетонного полотна.

### Литература

1. Abdrazakov, F.K. Intensification of melioration through decreasing maintenance load on irrigation canals/ F.K. Abdrazakov, A.A. Rukavishnikov, A.V. Povarov and Y.E. Trushin // International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering. – 2019. – Vol. 140. – Pp. 09009.

2. Абдразаков, Ф.К. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счёт использования инновационных облицовочных материалов/ Ф.К. Абдразаков, А.А. Рукавишников // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 12. – с. 35-38.

3. Бандурин, М.А. Необходимость системы постоянного мониторинга водопроводящих сооружений для рационального водопользования на юге России/ М.А. Бандурин // ИВД. – 2016. – № 2 (41). – С. 82-99.

4. Бандурин, М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений/ М.А. Бандурин // ИВД. – 2013. – № 1 (24). – С. 22-28.

5. Косиченко, Ю.М. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах/ Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А.В. Ищенко // ИВД. – 2014. – № 3. – С. 3-16.

6. Косиченко, Ю.М. Гидравлическая модель водопроницаемости бетонной облицовки при длительной эксплуатации канала/ Ю.М. Косиченко // Природообустройство. 2018. №4. С. 30-40.

7. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С.323-326.

8. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

УДК 628.16

### ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*С.В. Андреев*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>УО БГТУ, г. Брест, Республика Беларусь

**Аннотация.** Сельскохозяйственное водоснабжение отличается от коммунального и производственного. Для обеспечения надежности систем сельскохозяйственного водоснабжения устраивают не менее двух трубчатых или шахтных колодцев для забора подземных вод. Водопроводы сельских населенных пунктов при заборе воды из подземных источников редко имеют очистные сооружения. Актуальной проблемой для систем сельскохозяйственного локального и индивидуального водоснабжения становится загрязнение грунтовых вод нитратами.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственное водоснабжение, водоподготовка, шахтный колодец, скважина, нитраты.

**Summary.** Agricultural water supply differs from municipal and industrial water supply. To ensure the reliability of agricultural water supply systems, at least two tubular or shaft wells are arranged for the intake of groundwater. Water pipelines of rural settlements, when taking water from underground sources, rarely have treatment facilities. Contamination of groundwater with nitrates is becoming an urgent problem for agricultural local and individual water supply systems.

**Keywords:** agricultural water supply, water treatment, mine well, well, nitrates.

Сельскохозяйственное водоснабжение отличается от коммунального и производственного рассредоточенностью водопотребителей и сезонной цикличностью сельскохозяйственного производства. Сельскохозяйственные работы ведутся на обширных земельных угодьях, в связи с чем населенные пункты и различные производственные объекты рассредоточены по всей территории землепользования. Кроме того, для выполнения многих производственных операций водопотребители вынуждены перемещаться по территории. В результате усложняются системы водоснабжения, увеличиваются расстояния для передачи воды и затрудняется эксплуатация водопроводов.

Производство и обработка сельскохозяйственных продуктов связаны с агроклиматическими факторами, подверженными частым изменениям, и особенностями растениеводства и животноводства. Это приводит к циклическому чередованию сельскохозяйственных работ, что влечет за собой неравномерность водопотребления и, следовательно, неравномерную по сезонам года загрузку систем водоснабжения, увеличение объема регулирующих емкостей, ухудшение технико-экономических показателей систем. Указанные особенности оказывают существенное влияние на выбор схем сельскохозяйственного водоснабжения, типов и конструкций сооружений, гидравлических машин и аппаратов, на их взаимное расположение.

Рассредоточенность сельскохозяйственных объектов обуславливает устройство систем водоснабжения с различной степенью централизации [1].

Групповые водопроводы (рисунок 1) сооружают при глубоком залегании пресных подземных вод, когда экономически нецелесообразно бурить трубчатые колодцы для каждого объекта; когда расположение водопотребителей агропромышленных комплексов делает целесообразным строительство для них общих водопроводных сооружений.

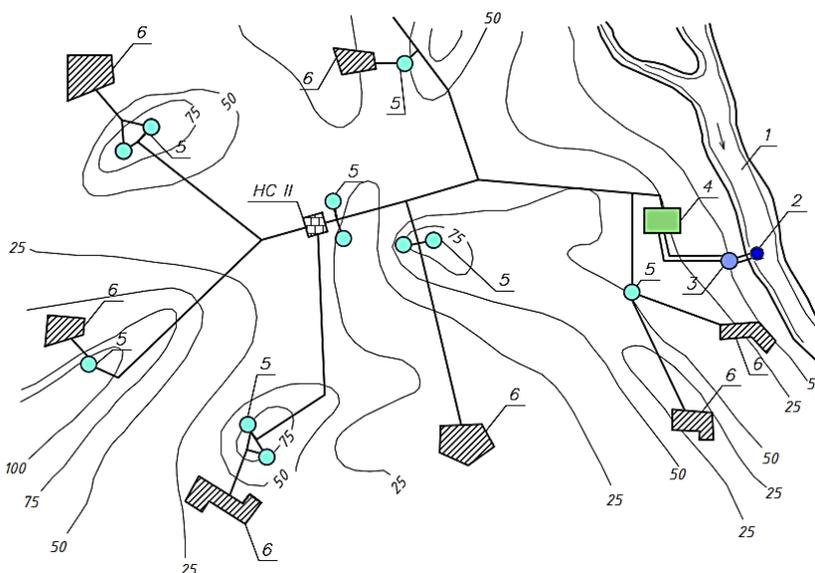


Рисунок 1– Схема группового водопровода:

1 – река; 2 – водоприемник; 3 – береговой колодец; 4 – площадка сооружений водоподготовки и насосная станция I подъема; 5 – резервуары чистой воды; 6 – населенный пункт

Последовательность расположения основных водопроводных сооружений показана на общей схеме системы хозяйственно-питьевого водоснабжения сельских населенных пунктов из подземных (рисунок 2а) и поверхностных (рисунок 2б) источников. Схема водоснабжения и взаимное расположение отдельных сооружений системы водоснабжения и их состав могут быть различными в зависимости от выбранного водоисточника, местных природных условий, требований водопотребителя и экономических показателей.

Для обеспечения надежности систем сельскохозяйственного водоснабжения I и II категории устраивают не менее двух трубчатых или шахтных колодцев для забора подземных вод; водоприемный колодец поверхностного водозабора устраивают из двух секций, укладывают не менее двух самотечных и двух всасывающих труб, не менее двух ниток водоводов, закольцовывают водораспределительную сеть.

Водопроводы сельских населенных пунктов при заборе воды из подземных источников редко имеют очистные сооружения. Обычно водопровод состоит из водозабора, насосов, водовода, водонапорной башни, водораспределительной сети. При надежном электроснабжении могут применяться автоматизированные насосные установки с гидроаккумулятором – воздушным котлом, которые исключают водонапорные башни.

При использовании поверхностных вод требуется устройство водоочистного сооружения и соответственно резервуара чистой воды и насосной станции II подъема.

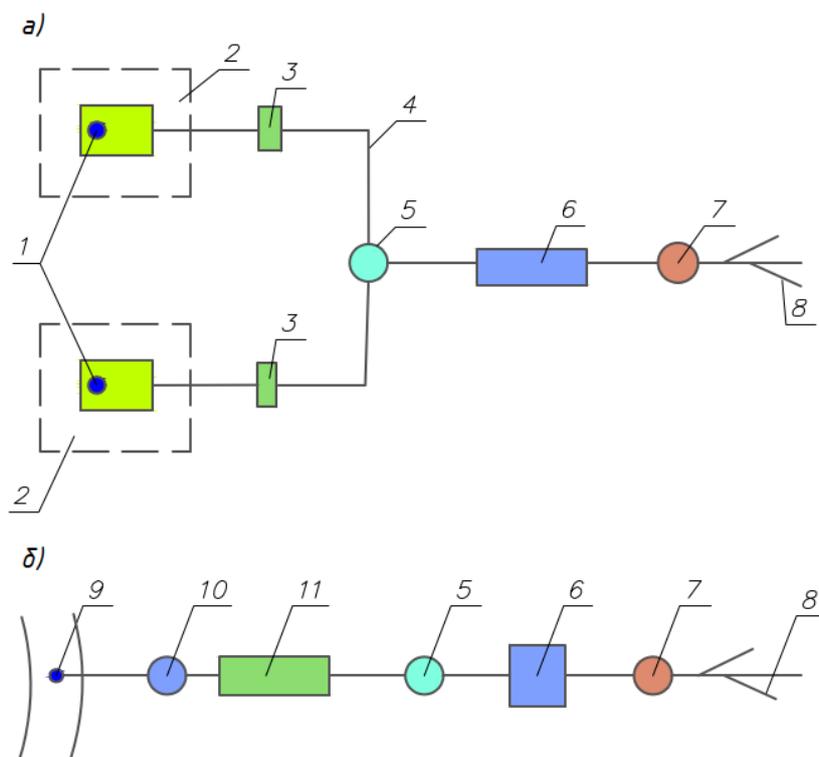


Рисунок 2– Схемы водоснабжения из подземного (а) и поверхностного (б) источников:  
 1 – трубчатый или шахтный колодец с насосом; 2 – зона санитарной охраны; 3 – установка обеззараживания воды; 4 – водовод; 5 – РЧВ; 6 – насосная станция II подъема;  
 7 – водонапорная башня; 8 – водопровод; 9 – водоприемник; 10 – береговой колодец, совмещенный с насосной станцией II подъема; 11 – водоочистные сооружения

На рисунке 3 приведена схема водоснабжения водопойного пункта с забором воды из шахтного колодца с помощью насосной установки, обеспечиваемой электроэнергией от передвижной электростанции или от ветронасосной установки.

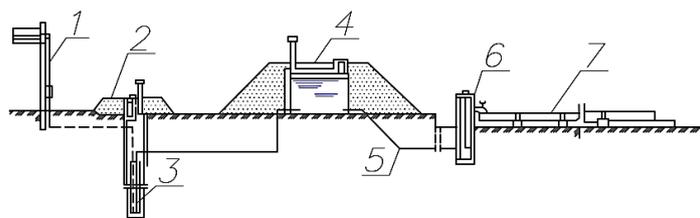


Рисунок 3– Схема водоснабжения водопойного пункта:

- 1 – электростанция; 2 – водозаборная скважина; 3 – погружной насос; 4 – резервуар;  
5 – подающие трубы; 6 – колодец; 7 – водопойное корыто

Для обслуживающего персонала вода должна отвечать требованиям СанПиН 10–124 РБ 99 [2] и Санитарным нормам [3,4]. Норма водопотребления принимается 30–40 л/сут на одного человека. Из этого количества на питье и приготовление пищи расходуется 10–20%, то есть требуется в день на человека примерно 4–6 литров воды питьевого качества.

При отсутствии водоподготовки в централизованной или локальной системе сельскохозяйственного водоснабжения альтернативным становится устройство шахтных колодцев или водозаборных скважин преимущественно глубиной до 10-15 метров и использование малогабаритных установках доочистки индивидуального водопользования. В этом случае актуальной проблемой для систем сельскохозяйственного локального и индивидуального водоснабжения становится загрязнение грунтовых вод нитратами и нитритами. [5]. При использовании для водоснабжения неглубоких скважин в воде кроме нитратов могут присутствовать соединения железа, затрудняющие водоподготовку. На рисунке 4 разработана технологическая схема очистки подземных вод, содержащих соединения азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, в индивидуальной системе питьевого водоснабжения. Исходная вода забирается насосом и проходит обезжелезивание методом упрощенной аэрации, после чего может подаваться на бытовые (гигиенические и хозяйственные) нужды потребителю. Для дальнейшего получения воды питьевого качества вода проходит подготовку на анионитовых ионообменных смолах, сорбционную водоподготовку на активированных углях и обеззараживание ультрафиолетом. Далее вода второго потока поступает потребителю на питьевые нужды.

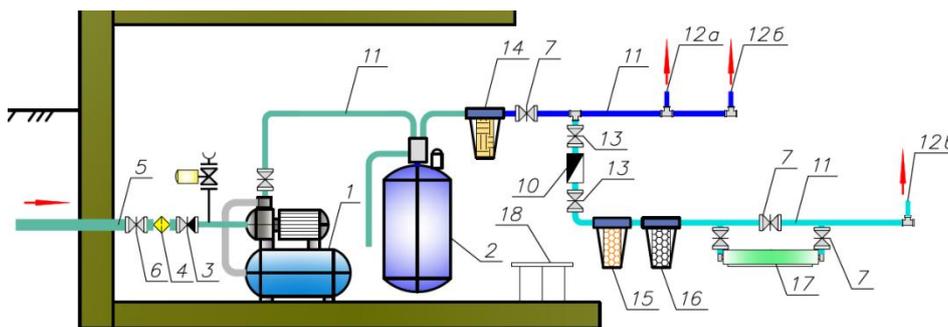


Рисунок 4 – Технологическая схема водоподготовки грунтовых вод, содержащих нитраты и соединения железа (II) в концентрациях выше ПДК: 1 – насосная станция; 2 – напорный фильтр; 3 – клапан обратный; 4 – фильтр косой грубой очистки; 5 – труба полиэтиленовая; 6, 7, 13 – кран шаровой; 10 – счетчик воды; 11, 12 – труба полипропиленовая; 14 – фильтр-колба магистральный механической очистки; 15 – корпус магистрального фильтра для АУ; 16 – корпус магистрального фильтра для анионита; 17 – УФ система для обеззараживания; 18 – растворные баки выносной регенерации

Таким образом, с учетом качественного состава исходной воды требований потребителей, в процесс водоподготовки при нитратном загрязнении подземных вод следует

включать: предварительную механическую обработку для обеспечения последующей более глубокой водоподготовки; основной этап водоподготовки: удаление нитратов и нитритов; обезжелезивание – при необходимости; сорбцию и обеззараживание, как заключительную стадию обработки воды [6, 7].

Рекомендуемая блок-схема водоподготовки показана на рисунке 5.

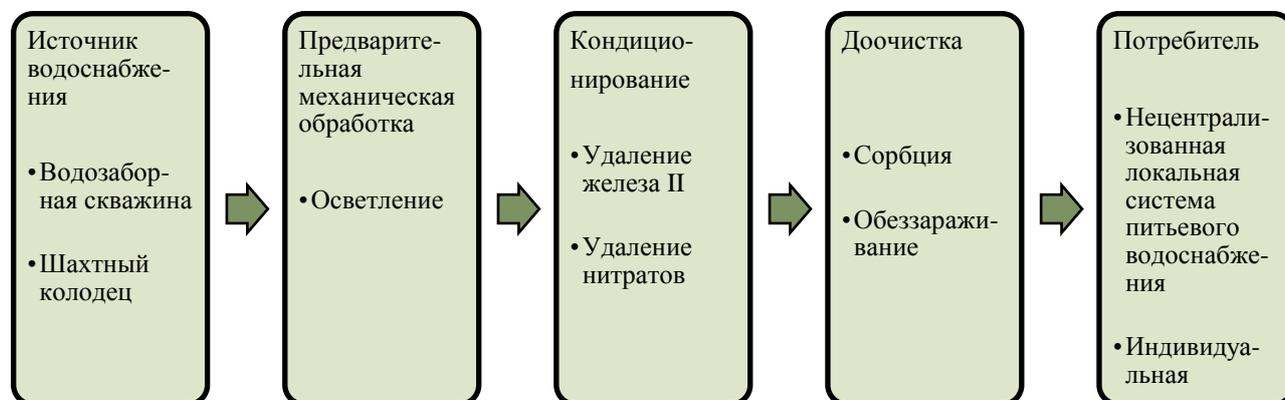


Рисунок 5 – Блок-схема водоподготовки грунтовых вод в системах сельскохозяйственного водоснабжения

Использование населением в сельской местности нецентрализованных источников водоснабжения (шахтных колодцев и мелкотрубчатых скважин), качество воды в которых не соответствует санитарным требованиям по ряду санитарно-химических и микробиологических показателей, в том числе по содержанию минеральных азотистых соединений, требует развития централизованного водоснабжения в сельской местности, а также создание усовершенствованной технологии и аппаратов для удаления нитратов из подземной воды для питьевого водоснабжения.

## Литература

1. Карамбиров, Н.А. Сельскохозяйственное водоснабжение/ Н.А. Карамбиров. – М. : Агропромиздат, 1996. – 351 с.
2. СанПиН 10-124 РБ 99 Санитарные правила и нормы РБ «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Утв. пост. Гл. гос. сан. врача РБ от 19.10.1999 г. № 46. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/ohrana/f69c8d0f263870d0.html>
3. СанПиН 16.09.2014 № 69 Санитарные нормы и правила РБ «Санитарно-эпидемиологические требования к системам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения». Утв. пост. Министерства здравоохранения РБ от 16.09.2014 № 69. – Режим доступа: [http://www.svetlge.by/wp-content/uploads/2014/04/post-mzrb\\_69\\_16.09.2014.pdf](http://www.svetlge.by/wp-content/uploads/2014/04/post-mzrb_69_16.09.2014.pdf)
4. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения». Утв. пост. Министерства здравоохранения РБ от 2 августа 2010 г. № 105. – Режим доступа: <https://tnpa.by/#!/DocumentCard/188612/285830>
5. Состояние природной среды Беларуси: ежегодное информационно-аналитическое издание/ В.М.Бурак, Г.И. Глазачева и др. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2019. – 109 с.
6. Житенев, Б.Н. Современное состояние проблемы загрязнения подземных вод Беларуси соединениями азота и пути ее решения/ Б.Н. Житенев, С.В. Андреюк // Производственно-технический и научно-практический журнал «Водоочистка.

Водоподготовка. Водоснабжение». – 2016. – № 4 (100) – М. : ООО «Издательский дом «Орион». – С. 52-57.

7. Андреюк, С.В. Технология очистки подземных вод от нитратов методом ионного обмена : автореф. дис. ... канд. техн. наук/ С.В. Андреюк.–Минск, 2019.–20 с.

8. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шеремет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 365-369.

УДК 827.83

## ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ КАСКАДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ

*О.В. Атаманова<sup>1</sup>, Н.П. Лавров<sup>2</sup>, Т.А. Исабеков<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО СГТУ, г. Саратов

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО СПбПУ, г. Санкт-Петербург

<sup>3</sup>ГОУ ВПО КРСУ, г. Бишкек, Киргизская Республика

**Аннотация.** Теоретически изучен и рассмотрен процесс распределения воды в канале системы каскадного регулирования. Получены зависимости для определения расходов истечения в водовыпуски. Получены выражения в частных производных, определяющие коэффициенты граничных условий для уравнений неустойчивого движения воды в канале.

**Ключевые слова:** водораспределение, водовыпуск, канал, затвор, бьеф каскада.

**Summary.** The process of water distribution in the channel of the cascade regulation system is theoretically studied and considered. Dependencies are obtained for determining the flow rates of discharge into the outlets. Partial differential expressions are obtained that determine the coefficients of the boundary conditions for the equations of unsteady water motion in the channel.

**Keywords:** water distribution, outlet, canal, gate, cascade backwater.

В системах каскадного регулирования расходов воды на оросительных системах особенно интересными и малоизученными являются технологические процессы управления водораспределением. Поэтому рассмотрим открытые каналы, которые в долинной зоне целесообразно выполнять в виде систем каскадного регулирования.

Ранее [1–3] были рассмотрены процессы изменения уровней воды в транзитных каналах и управление ими при трансформации неравномерного стока воды в результате возмущений в бьефах сооружений. Теперь рассмотрим особенности процессов вододеления на каналах открытого типа в составе систем каскадного регулирования в долинной зоне.

При плановом вододелении необходимо четко обозначить процент водозабора из канала каждым из водопотребителей. Кроме того, необходимо знать точный коэффициент водозабора каждого водовыпускного сооружения на этом канале.

Традиционно коэффициент водозабора представляет собой соотношение [4]:

$$\alpha = Q_o / Q, \quad (1)$$

где  $Q_o$  – расход водовыпускного сооружения;  $Q$  – общий расчетный расход воды, поступающий в звено каскада канала старшего порядка.

При размещении водовыпусков вдоль звена каскада канала (рисунок 1), на каждом из водовыпусков будет обеспечен напор :

$$H = h + \Delta h, \quad \dots\dots\dots (2)$$

где  $h$  – глубина воды в верхнем бьефе водовыпуска при установившемся движении воды в канале старшего порядка.

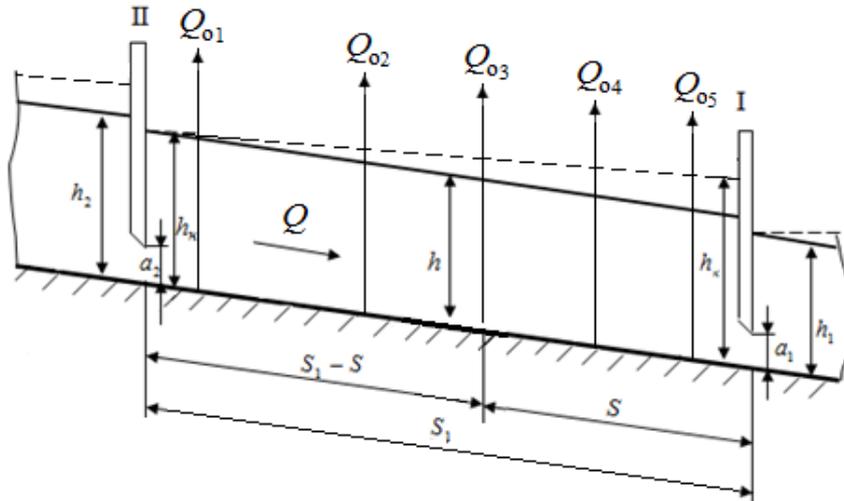


Рисунок 1 – Схема размещения водовыпусков с отводимыми расходами  $Q_{01} \dots Q_{05}$  вдоль канала

При размещении на перегораживающих сооружениях авторегуляторов уровня нижнего бьефа с защитой от переполнения канала имеет место стабилизация уровней как нижнего, так и верхнего бьефов перегораживающих сооружений. Поэтому нет необходимости оборудовать водовыпуски средствами автоматизации водоподачи. Рассмотрим наиболее распространенный вариант для такого случая водораспределительных систем – оборудование водовыпускных сооружений плоскими затворами.

Формула истечения из-под плоского неподтопленного затвора имеет вид [5]:

$$Q_0 = \mu ab \sqrt{2g(H - \varepsilon a)}, \quad (3)$$

где  $Q_0$  – отводимый расход;  $\mu$  – коэффициент расхода водовыпуска;  $a$  – открытие затвора;  $b$  – ширина отверстия в свету;  $H$  – напор на водовыпуске;  $\varepsilon$  – коэффициент вертикального сжатия затвора.

При несвободном истечении из-под затвора формула расхода [5– 6]:

$$Q_0 = \mu ab \sqrt{2g(H - h_{zo})}, \quad (4)$$

где  $h_{zo}$  – глубина воды за затвором водовыпуска.

С учетом приращения глубины  $\Delta h$  потока перед водовыпуском, определяемой по зависимости [7], перепишем выражение (3):

$$Q_0 = \mu ab \sqrt{2g(h + \Delta h - \varepsilon a)}, \quad (5)$$

где  $\Delta h$  выразим как

$$\Delta h = \frac{\Delta Q_n}{Q_n} \left\{ \frac{2h}{x} + \frac{\gamma_1 \omega}{B} \left( \frac{\exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right)}{1 + \frac{1}{v} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}} - \frac{2}{\gamma_1} \frac{Bh}{x\omega} \right) \right\} \times$$

$$\times \exp \left[ - (t - \tau_1^1) \frac{\frac{\gamma_1 x \omega}{2Bh \left( 1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)} \exp \left( \tau_1 \frac{a+b}{2} \right) - 1}{\frac{\nu}{2Ig} + \tau_1 (1 - \mu) - \left( 1 + \frac{\mu}{\nu} \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right) \frac{Bh\nu}{Ixg\omega}} \right] - \frac{\Delta Q_\kappa}{Q_\kappa} \left\{ \frac{2\gamma_2^2 \omega \cdot I \cdot g (t - \tau_2^1)}{B \left( \nu - \frac{a+b}{2\sqrt{ab}} \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)} + \frac{\gamma_2 \omega}{B} \cdot \frac{\exp \left( -\frac{a+b}{2} \tau_2 \right)}{1 - \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}} \right\}. \quad (6)$$

Преобразуем выражение (6) для определения  $\Delta h$ :

$$\Delta h = \frac{\Delta Q_\mu}{Q_\mu} \cdot F' - \frac{\Delta Q_\kappa}{Q_\kappa} F'', \quad (7)$$

$$\text{где } F' = \frac{\beta h}{Ix} + \frac{\gamma_1 \omega}{B} \left( \frac{\exp \left( -\tau_1 \frac{a+b}{2} \right)}{1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}} - \frac{\beta}{\gamma_1} \cdot \frac{Bh}{Ix\omega} \right) \times \exp \left[ - (t - \tau_1^1) \frac{\frac{\gamma_1 x \omega}{2Bh \left( 1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)} \exp \left( \tau_1 \frac{a+b}{2} \right) - 1}{\frac{\nu}{2Ig} + \tau_1 \left( 1 - \frac{a+b}{2\sqrt{ab}} \right) - \left( 1 + \frac{a+b}{2\nu\sqrt{ab}} \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right) \frac{Bh\nu}{Ixg\omega}} \right], \quad (8)$$

$$\text{а выражение } F'' = \frac{2\gamma_2^2 \omega \cdot Ig (t - \tau_2^1)}{B \left( \nu - \frac{a+b}{2\sqrt{ab}} \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)} + \frac{\gamma_2 \omega}{B} \cdot \frac{\exp \left( -\frac{a+b}{2} \tau_2 \right)}{1 - \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}} \quad (9)$$

Перепишем (9) в виде:

$$\Delta h = \frac{\Delta Q}{Q} \cdot (n_\mu F' - n_\kappa F'') = \frac{\Delta Q}{Q} \cdot F, \quad (10)$$

где  $\frac{\Delta Q}{Q}$  – максимальное проектное возмущение, возникающее в звене каскада, равное

относительному проектному изменению расхода в бьефе канала,  $n_\mu$  – доля максимального проектного возмущения в начальном створе звена каскада;  $n_\kappa$  – доля максимального проектного возмущения в конечном створе звена каскада канала,  $F$  – характеристика приращения уровня воды в канале в результате возмущающего воздействия [8].

С учетом (10) перепишем зависимость для расхода водовыпуска при свободном истечении из-под затвора:

$$Q_0 = \mu ab \sqrt{2g} \sqrt{h + \frac{\Delta Q}{Q} \cdot F - \varepsilon a}. \quad (11)$$

При несвободном истечении из-под затвора, зависимость для расхода истечения примет вид:

$$Q_0 = \mu ab \sqrt{2g} \sqrt{h + \frac{\Delta Q}{Q} \cdot F - h_{zo}}. \quad (12)$$

Подставив зависимость (11) в выражение для коэффициента водозабора (1), получим:

$$\alpha = \frac{Q_0}{Q} = \frac{\mu ab \sqrt{2g}}{Q} \sqrt{h + F \frac{\Delta Q}{Q} - \varepsilon a}. \quad (13)$$

Для анализа зависимости коэффициента водозабора от изменения возмущающего воздействия в канале старшего порядка, возьмем частную производную от коэффициента водозабора  $\alpha$  по возмущению  $\Delta Q/Q$ . Таким образом, при свободном истечении из-под затвора водовыпуска, будем иметь:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial(\Delta Q/Q)} = \frac{\sqrt{2g} \mu ab}{2 Q} \cdot \frac{F}{\sqrt{h + F \frac{\Delta Q}{Q} - \varepsilon a}}. \quad (14)$$

При несвободном истечении коэффициент водозабора представим как

$$\alpha = \frac{Q_0}{Q} = \frac{\mu ab \sqrt{2g}}{Q} \sqrt{h + F \frac{\Delta Q}{Q} - h_{zo}}. \quad (15)$$

В этом случае частная производная коэффициента водозабора от изменения возмущающего воздействия в канале старшего порядка будет иметь вид:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial(\Delta Q/Q)} = \frac{\sqrt{2g} \mu ab}{2 Q} \cdot \frac{F}{\sqrt{h + F \frac{\Delta Q}{Q} - h_{zo}}}. \quad (16)$$

Зависимости (14) и (16) позволяют проследить изменение коэффициента водозабора из канала старшего порядка в зависимости от возмущений в крайних створах звена каскада системы. Из этих зависимостей следует, что коэффициент водозабора изменяется прямо пропорционально величине  $\Delta Q/Q$ , о чем свидетельствует положительный знак производной. Однако зависимость коэффициента водозабора от возмущающего воздействия не является линейной, что подтверждается местонахождением параметра  $\Delta Q/Q$  под корнем квадратным.

Таким образом, если возмущение представляет собой мгновенный скачок, приращение отводимого расхода воды не всегда можно погасить и в отвод попадает мгновенный дополнительный расход воды  $\Delta Q_0$  [9]. Однако этот кратковременный расход

воды обычно не оказывает значительного воздействия на отводимый расход, поскольку через короткий промежуток времени уровень в канале старшего порядка стабилизируется.

При постепенно нарастающем возмущении приращение напора  $\Delta h$  перед водовыпуском гасится авторегулятором уровня на перегораживающем сооружении и величина приращения отводимого расхода  $\Delta Q_o$  значительно меньше, чем при скачкообразном возмущении.

Аналогичная картина изменения коэффициента водозабора наблюдается и при несвободном истечении из-под затвора на водовыпуске.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований водораспределения на открытых каналах с малыми уклонами позволили сделать следующие **выводы**:

1. На открытых оросительных каналах долинной зоны наиболее приемлемой является технологическая схема автоматизации водораспределения непрямого действия, функционирующая по принципу каскадного регулирования. Такая схема позволяет обеспечить высокую точность управления водораспределением, что является одним из основных требований вододеления.

2. Полученные выражения (13)...(16) позволяют оценить влияние параметров неустановившегося движения воды в открытом канале системы каскадного регулирования на величину коэффициента водозабора в любом створе канала. Зависимости (13) и (15) рекомендуются для расчета сооружений водораспределения в системах каскадного регулирования оросительных систем.

## Литература

1. Коваленко, П.И. Автоматизация мелиоративных систем/ П.И. Коваленко. – М. : Колос, 1983. –304 с.
2. Маковский, Э.Э. Автоматизированные автономные системы трансформации неравномерного стока/ Э.Э. Маковский, В.В. Волчкова. – Фрунзе : Илим, 1981. –380 с.
3. Бочкарев, Я.В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации/ Я.В. Бочкарев, Е.Е. Овчаров. – М. : Колос, 1981. – 335 с.
4. Бочкарев, Я.В. Каналы-быстротоки со сверхбурным режимом течения и сооружения на них/ Я.В. Бочкарев, А.О. Гамбарян, Н.П. Лавров. – Фрунзе : Кыргызстан, 1986. – 126 с.
5. Атаманова, О.В. Совершенствование систем автоматизации водораспределения с использованием гидравлических стабилизаторов расходов воды/ О.В. Атаманова. – Бишкек : Илим, 2002. – 91 с.
6. Атаманова, О.В. Курс лекций по основам автоматики и автоматизации процессов в гидротехническом строительстве/ О.В. Атаманова. – Бишкек : Изд-во КРСУ, 2009. – 232 с.
7. Атаманова, О.В. Динамика процессов в объектах регулирования систем водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расходов воды/ О.В. Атаманова. – Саратов : СГСЭУ, 2000. – 41 с.
8. Атаманова О.В. Анализ аварийных режимов работы стабилизаторов расхода воды в системах каскадного регулирования/ О.В. Атаманова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2005. – Т. 5. – № 3. – С. 83-88.
9. Атаманова, О.В. Граничные условия участка канала с гидравлическими стабилизаторами расхода воды/ О.В. Атаманова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2005. – Т. 5. – № 3. – С. 128-130.
10. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шеремет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 365-369.

## ВЛИЯНИЕ МАКРОСРЕДЫ НА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СФЕРЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

*А.В. Блинова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ДальГАУ, г. Благовещенск

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние макросреды на деятельность предприятий, функционирующих в сфере эксплуатации водных ресурсов, в частности на организации жилищно-коммунального хозяйства. Игнорировать макроэкономические факторы внешней среды нельзя. Предприятиям-природопользователям следует быть гибкими, перестраиваться и учитывать в своих решениях изменения внешней среды.

**Ключевые слова:** водные ресурсы; водоснабжение; жилищно-коммунальное хозяйство, макросреда, микросреда, природопользование

**Summary.** The article examines the impact of the macro environment on the activities of enterprises operating in the field of water resources exploitation, in particular, on the organization of housing and communal services. It is impossible to ignore the macroeconomic factors of the external environment. Enterprises that use natural resources should be flexible, adapt and take into account changes in the external environment in their decisions.

**Keywords:** water resources; water supply; housing and communal services, macro-environment, micro-environment, nature management

Внешняя среда – это совокупность субъектов и сил, которые активно влияют на деятельность субъектов природопользования, на тенденции развития данных предприятий. Выделяют две группы внешних факторов:

- непосредственного влияния, которые представляют микросреду (потребители, конкуренты, поставщики, рынок рабочей силы);
- косвенного влияния, представляющие макросреду.

Более того, предприятие и микросреда, которая его окружает, находятся под влиянием воздействий макросреды. Если эти воздействия оказывают на предприятие благоприятное воздействие, руководство должно внести необходимые коррективы, чтобы максимально эффективно воспользоваться этим влиянием. Если же факторы макросреды представляют угрозу для предприятия, необходимо принять меры, чтобы предотвратить или смягчить их негативное действие [1]. Внешняя среда отличается неопределенностью. Основными факторами макросреды являются экономический, экологический, технологический, политико-правовой, социально-культурный и демографический; в некоторых случаях имеет значение также международное воздействие. Рассмотрим влияние макросреды на природопользователей в области водных ресурсов, в частности, отвечающие за жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ).

*Экономический фактор* характеризуется темпами экономического роста, платежным балансом, величиной валового внутреннего продукта, уровнем инфляции, налоговой политикой, процентными ставками банков, динамикой и соотношением цен и др.

Темпы роста среднедушевых денежных доходов, характеризуют возможность удовлетворения человеческих потребностей. На стадии экономического подъема доходы растут, цены, в том числе услуги ЖКХ, становятся доступными для более широкого слоя граждан; сокращается безработица, активизируется инвестиционная деятельность. Люди могут позволить себе пользоваться услугами ЖКХ более свободно и даже неумеренно, так как их финансовые возможности позволяют оплачивать расходы сверх необходимых без затруднений [2].

В период экономического спада покупательная способность снижается: уменьшаются доходы, растет безработица. Людям становится сложнее оплачивать услуги, связанные с ЖКХ, если цены растут либо остаются на прежнем уровне. Население может пытаться сократить расходы путём экономии, но могут и участиться случаи использования ресурсов в обход счётчиков, что сказывается неблагоприятно на деятельности предприятий, так как снижается собираемость платежей.

На протяжении многих лет происходит рост цен на ГСМ, материалы, электроэнергию, что влечет рост затрат на предприятии и приводит к увеличению тарифов предприятия – природопользователя.

Существенной также является тарифно-ценовая политика в сфере подключения к сетям инженерной коммунальной инфраструктуры. Доступность подключения к сетям инженерно-коммунальной инфраструктуры является необходимым условием для экономического развития территории.

*Политико-правовой фактор* включает систему законов и других нормативно-правовых актов, регламентирующих деятельность предприятий -природопользователей, а также систему политико-правовых институтов. Особую роль в рассматриваемой среде играет политическая стабильность, состав правительства и органов местной власти и их полномочия, судебная система.

Инстанции, ответственные за водоснабжение, следуют Трудовому Кодексу, опираются на установленные политико-правовой сферой нормативы, применяемые к качеству воды и услуг, и т.д.

В процессе использования воды, применяются различные экономические рычаги, а правовой основой платного водопользования является согласованность Водного и Налогового кодексов, а также законодательства об охране окружающей среде[6].

В Водном кодексе прописан правовой статус водопользователей, как осуществляется плата за пользование водными объектами и др. Налоговым кодексом регулируются условия исчисления и администрирования водного налога. Законодательством об охране окружающей среды определено взимание платежей за негативное воздействие на водные объекты. Любые изменения и дополнения в вышеперечисленные законы немедленно скажутся на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства.

*Экологический фактор* (состояние и характеристики земельных и водных ресурсов, воздушного бассейна, температурный режим, количество осадков, реальный и допустимый уровень загрязнения земли, воды, воздуха, тенденции в изменении экологии и т.д.) существенно влияет на износ оборудования, потребность населения в услугах ЖКХ, сложность производимого контроля, условия проведения ремонта и т.д.

Так, глубина промерзания влияет на место размещения труб для водоснабжения, а при более загрязненных водных источниках понадобятся более качественные очистные сооружения и, следовательно, большие затраты на их приобретение, установку и обслуживание [3].

Наукой установлена связь между определенными видами загрязнения воды и видами заболеваний, но они зачастую косвенно связаны с качеством воды в водном объекте, поскольку чаще всего это – коммунальная проблема, и загрязнение воды можно объяснить неудовлетворительным состоянием труб, по которым поступает вода к потребителям и пр. В настоящее время достаточно большое количество людей использует чистую бутилированную и очищенную на бытовых фильтрах воду вместо воды в системе централизованного водоснабжения.

*Технологический фактор*. Развитие новых технологий позволяет более эффективно предоставлять услуги водоснабжения путем уменьшения затрат на производство используемых изделий, улучшения их качества, упрощения производства и монтажа, улучшение технологий очистки воды; помогает производить более точные логистические расчеты и т. д [4].

Составляющие технологической среды: патенты, авторские свидетельства, научно-технические разработки, инжиниринговые разработки, научно-техническая информация (программное обеспечение), ноу-хау, кадровый потенциал научно-исследовательских и проектно-конструкторских учреждений, результаты оценки жизненного цикла технологий.

В условиях цифровой экономики инновационная среда приобретает новые перспективные особенности: всеобщее проникновение цифровизации на основе информационно-коммуникационных технологий, которое ускорит внедрение элементов «зеленой» экономики.

*Социально-культурный фактор* представляет собой воздействие культуры, традиций, образовательного уровня населения, его жизненных ценностей, ведущих приоритетов. Предприятия, отвечающие за водоснабжение, должны учитывать изменения в структуре населения по возрастным группам, преобладающем ритме жизни, уровне просвещенности, воздействии религии. Например, с традициями и ценностями населения прямо связано количество потребляемой воды и требования населения к качеству обслуживания, которое повышается с ростом благосостояния и культурного уровня населения [5]. Вместе с этим может меняться и отношение к потребляемым ресурсам – с ростом экологической грамотности и сознательности среди населения может распространяться бережное отношение к использованию воды и других ресурсов.

*Демографический фактор* определяет количество потребителей, их возрастное соотношение, влияет на платежеспособность. Темп прироста населения дает представление о возможном увеличении или уменьшении количества потребителей жилищно-коммунальных услуг. Так, при увеличении популяции может потребоваться заблаговременная подготовка трубопроводов к увеличению количества поступающей воды, при расширении или перестройке заселенных районов потребуются расширение или перестройка сети трубопроводов.

Кроме того, в сфере жилищно-коммунального хозяйства является острой проблема квалификации кадров, поскольку нет самостоятельного направления подготовки кадров, высока текучесть кадров непосредственно на предприятиях ЖКХ из-за непрестижности работы и низкого заработка и пр. Пополнение персонала идет за счет работников со смежным – архитектурным и строительным – профильным образованием.

Макросреда является сложным и многоаспектным явлением. Для более точных прогнозов необходим стратегический анализ внешней среды и обстановки. Нередко возникает потребность в создании аналитического отдела и привлечения внешних консультантов. Однако игнорировать макросреду, рассматривая только микросреду, нельзя, т.к. макросреда может оказывать на предприятия и их деятельность очень существенное влияние. Отрицательное воздействие макросреды на предприятия-природопользователи порождает проблемы на предприятии, которые приходится решать, зачастую в авральном порядке.

## Литература

1. Агеева, Н.Г. Стратегическое управление наукоемким предприятием. Адаптация к динамичным изменениям внешней среды/ Н.Г. Агеева. — М. : МАИ-ПРИНТ, 2009. – 384 с.
2. Козлов, А.А. Совершенствование муниципального управления социально-экономическим развитием в городе Рязани/ А.А. Козлов, М.В. Поляков // Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. –С.155-160.
3. Кузьмич, Н.П. Роль строительного комплекса в социально–ориентированных направлениях развития региона/ Н.П.Кузьмич // Труд и социальные отношения. – 2011. – № 7 (85). –С.52– 55.

4. Кузьмич, Н.П. Экологически ориентированный подход в природопользовании как фактор устойчивого развития экономики/ Н.П.Кузьмич// Транспортное дело России. – 2020. – № 3. – С.24-25.

5. Лаврентьева, Е.А. Экономико-правовые аспекты использования водных ресурсов: организация, налогообложение, обязательные платежи/ Е.А. Лаврентьева, Г.А. Плавинская // Транспортное дело России. – 2018. – № 6. – С. 121-124.

6. Пикушина, М.Ю. Практические аспекты реализации принципов стратегического планирования на региональном уровне/ М.Ю. Пикушина, В.С. Отто, Т.Ю. Сомова // Школа будущего. – 2015. – №1. – С. 155-165.

7. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, 2020. – С. 395-401.

8. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С.323-326.

УДК 551.524

## МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ

А.А. Волчек<sup>1</sup>, С.В. Сидак<sup>1</sup>

<sup>1</sup>УО БГТУ, г. Брест

**Аннотация:** в данной статье представлены результаты использования при прогнозе температуры атмосферного воздуха ARIMA-методологии. С использованием множества критериев выбрана модель, которую можно адаптировать для прогнозирования среднемесячной температуры воздуха Беларуси.

**Ключевые слова:** температура воздуха, глобальное потепление, ARIMA-модель, прогноз, моделирование.

**Summary:** this article presents the results of using the ARIMA methodology for forecasting the temperature of atmospheric air. Using a variety of criteria, a model was selected that can be adapted to predict the average monthly air temperature in Belarus.

**Key words:** air temperature, global warming, ARIMA model, forecast, modeling.

**Введение.** Устойчивое развитие того или иного региона в значительной мере зависит от его климатических особенностей. Одним из условий такого развития является получение максимальной прибыли вследствие сокращения пагубного влияния экстремальных погодных явлений. В целях адаптации к изменениям климата необходимо комплексное исследование характера изменения среднемесячной температуры воздуха, являющейся основным компонентом климатической системы. Проблема прогнозирования среднемесячных температур является актуальной для многих отраслей, работа которых определяется состоянием погодных условий. Задача прогнозирования температуры воздуха носит глобальный характер, так как возможность своевременной оценки изменений температуры воздуха и разработка мер по смягчению негативных последствий и использованию благоприятных возможностей является важным аспектом выработки и принятия эффективных управленческих решений, обеспечения устойчивого развития государства.

Цель исследования – разработка методики прогноза среднемесячной температуры атмосферного воздуха на основе анализа временных рядов.

**Исходные данные.** В данном исследовании использованы данные о среднемесячной температуре воздуха Беларуси с января 1945 по декабрь 2019 гг.

Среднемесячные температуры за 1945–2009 гг. используются в качестве обучающей выборки, а температуры за период 2010–2019 годов – в качестве тестовой.

#### **Методы исследования.**

В последнее время одним из самых популярных способов моделирования временных рядов является построение модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA-модели) [1]. На сегодняшний день модели ARIMA широко используются в таких областях, как медицина, бизнес, экономика, финансы и др. Более того, модели ARIMA в последние десятилетия имеют широкое применение во многих метеорологических приложениях для исследования изменения режима температуры воздуха и осадков [2–7].

Главная задача такого моделирования – внимательно изучить прошлые наблюдения временного ряда для разработки соответствующей модели, которая может предсказывать будущие значения для ряда.

Предложенная Дж. Боксом и Г. Дженкинсом модель  $ARIMA(p,d,q)$  содержит три параметра:  $p$  – параметр авторегрессии,  $d$  – порядок операции взятия разностей,  $q$  – параметр скользящего среднего [8]. Класс ARIMA является надстройкой над классом моделей ARMA( $p,q$ ), применяемых для описания стационарных временных рядов.

Процесс построения модели  $ARIMA(p,d,q)$  включает три этапа:

- 1) идентификация модели;
- 2) оценивание и проверка адекватности модели;
- 3) использование модели для прогнозирования.

Идентификация модели означает определение параметров  $p$ ,  $d$ ,  $q$ . Реализация первого этапа осуществляется путем определения и анализа автокорреляционной (АКФ) и частной автокорреляционной функций (ЧАКФ) временного ряда. Такой анализ возможен только для стационарных временных рядов, поэтому исходный временной ряд приводим к стационарному одним из следующих способов:

- нахождением простых и/или сезонных разностей (тем самым определяем значение параметра  $d$ );

- путем выделения тренда и/или фильтрации сезонных (периодических) колебаний.

Свидетельством стационарности преобразованного ряда является снижение значений АКФ и ЧАКФ при возрастании длины лага.

В практике исследования гидрометеорологических рядов большинство из них можно с удовлетворительной степенью точности аппроксимировать одной из пяти моделей, представленных в таблице 1.

Однако, в некоторых случаях параметры  $p$  и  $q$  могут быть и больше 2 (выбор параметров требует большого опыта прогнозиста). На этой стадии возможно формирование базового набора, включающего одну, две или даже большее число моделей, другими словами, портфеля моделей.

На втором этапе построения модели проводится оценка параметров ARIMA-моделей методом максимального правдоподобия и проверка адекватности полученных ARIMA-моделей. Для их сравнения используют несколько критериев: оценки коэффициентов модели должны быть статистически значимыми, остатки модели должны обладать свойствами белого шума. Если несколько ARIMA моделей оказываются адекватными, необходимо выбрать модель с наименьшим количеством параметров и наилучшими статистическими характеристиками качества подгонки модели, для чего используют информационные критерии Акаике (AIC) и Шварца (BIC) [9].

Таблица 1 – Определение параметров модели по графикам АКФ и ЧАКФ

| Значения параметров модели | АКФ  | ЧАКФ   |
|----------------------------|--|--|
| $p = 1$                    | экспоненциально убывает  | имеет резко выделяющееся значение для лага 1, на других лагах корреляций нет     |
| $p = 2$                    | имеет форму синусоиды или экспоненциально убывает                                | имеет резко выделяющиеся значения на лагах 1 и 2, на других лагах корреляций нет |
| $q = 1$                    | имеет резко выделяющееся значение для лага 1, на других лагах корреляций нет     | экспоненциально убывает  |
| $q = 2$                    | имеет резко выделяющиеся значения на лагах 1 и 2, на других лагах корреляций нет | имеет форму синусоиды или экспоненциально убывает                                |
| $p = 1, q = 1$             | экспоненциально убывает с лага 1   | экспоненциально убывает с лага 1   |

Использование методологии Бокса-Дженкинса возможно также для моделирования поведения временных рядов с ярко выраженной периодической сезонной компонентой. Сезонная периодическая модель обозначается  $ARIMA(p,d,q)(Ps,Ds,Qs)$ . Аналогично параметрам простой модели ARIMA, эти параметры называются: сезонная авторегрессия ( $Ps$ ), сезонная разность ( $Ds$ ), сезонное скользящее среднее ( $Qs$ ). Эти параметры вычисляются для рядов, получаемых после взятия одной разности с лагом 1 и далее сезонной разности. Сезонный лаг, используемый для сезонных параметров, определяется на этапе идентификации порядка модели с использованием периодограмм и спектрограмм.

Сезонная ARIMA-модель Бокса-Дженкинса имеет ряд преимуществ перед другими моделями, такими как экспоненциальное сглаживание и нейронные сети, благодаря возможности прогнозирования и более обширной информации об изменениях, связанных с изменчивостью рассматриваемой характеристики во времени.

Расчет прогнозных значений среднемесячной температуры воздуха Беларуси выполнен средствами MSExcel и Statistica.

**Обсуждение результатов.** Рассмотрим пример построения модели ARIMA для ряда среднегодовых температур воздуха Беларуси.

Визуальный анализ графика среднегодовых температур воздуха (рисунок 1) показывает, что ряд имеет выраженные колебания уровней ряда и линейный тренд, поэтому ряд предположительно является нестационарным.

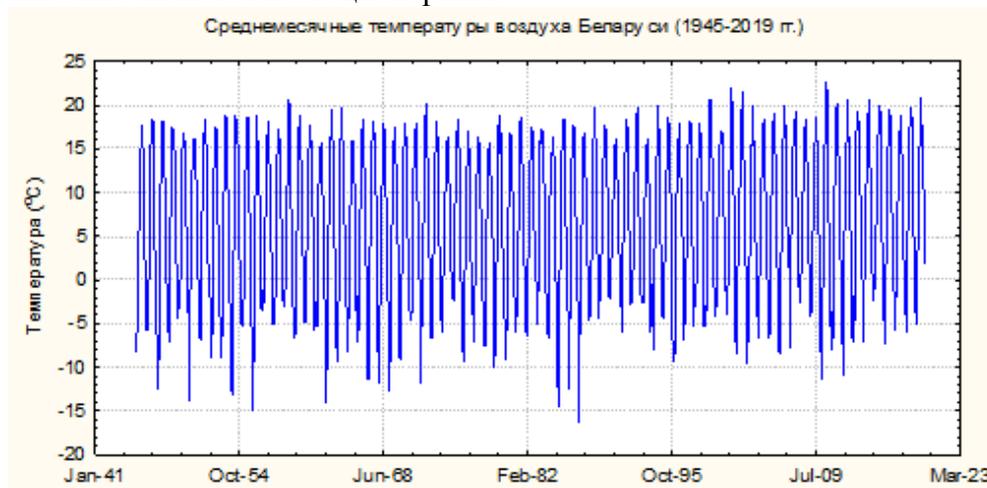


Рисунок 1 – Хронологический ряд температур атмосферного воздуха за 1945–2019 гг.

Для стабилизации дисперсии масштабируем данные по формуле:

$$V_i = \frac{T_i - \min_{1 \leq j \leq 780} (T_j)}{\max_{1 \leq j \leq 780} (T_j) - \min_{1 \leq j \leq 780} (T_j)}, \quad (1)$$

где  $V_i$  – измененные в результате стабилизации данные,  $T_i$  – исходные данные температур воздуха,  $\max(T_j)$ ,  $\min(T_j)$  – максимальное и минимальное значения ряда температур за весь период, выбранный в качестве обучающей выборки.

Для более обоснованного вывода о нестационарности ряда построим АКФ и ЧАКФ преобразованного по формуле (1) ряда температур. Для этого определим первые 25 значений коэффициентов автокорреляции. На рисунке 2 и рисунке 3 показаны коррелограммы АКФ и ЧАКФ.

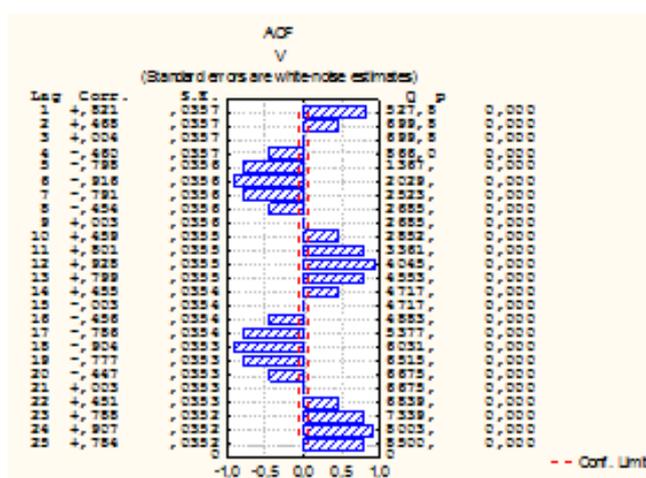


Рисунок 2 – Автокорреляционная функция преобразованного ряда за 1945–2009 гг.

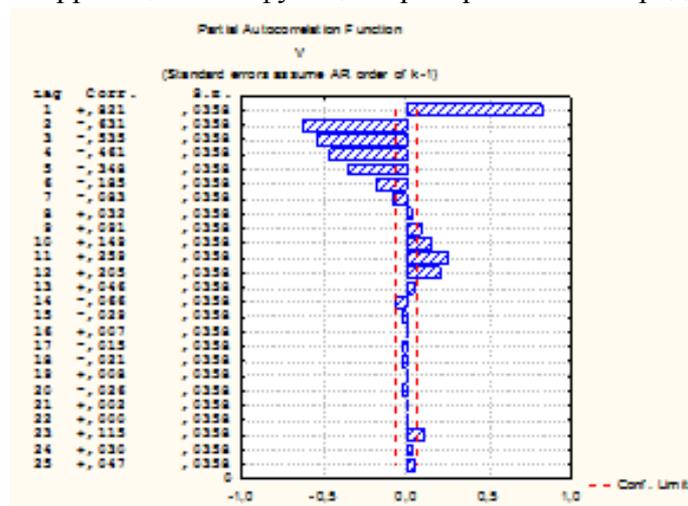


Рисунок 3 – Частная автокорреляционная функции преобразованного ряда за 1945–2009 гг.

Анализируя графики временных рядов, ACF и PACF, была обнаружена четкая сезонность двенадцатимесячного цикла. Следовательно, необходимо выполнить дифференцирование ряда с лагом 12 для устранения сезонности и достижения стационарности данных. Сезонная разность первого порядка была достаточной для достижения стационарности.

Порядки авторегрессии и скользящего среднего определим согласно рекомендациям, изложенным в таблице 1, а также согласно ACF и PACF преобразованного сезонного ряда. Параметры DS и Qs вычислены для рядов, получаемых после взятия сезонной разности.

Исходной информацией для диагностики модели ARIMA служат остатки модели [10]. Во-первых, проверке подлежит качество модели (для этого можно использовать индикатор типа критерия множественной детерминации), во-вторых – некоррелированность остатков.

При построении моделей временных рядов, как правило, критерии качества подгонки моделей используют для сравнения моделей между собой. Наиболее распространенными на сегодняшний день являются критерии Акаике (AIC, Akaike information criterion) и Шварца (BIC, Bayesian information criterion). Информационные критерии AIC и BIC вычисляются по формулам:

$$AIC(p, q) = \ln \sigma^2 + 2 \frac{p+q}{N}, \quad (1)$$

$$BIC(p, q) = \ln \sigma^2 + \ln T \cdot \frac{p+q}{N}, \quad (2)$$

где  $p, q$  – параметры модели,  $N$  – число наблюдений,  $\sigma^2 = \frac{\sum_{t=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{N-p-q}$ ,  $Y_t$  – измеренные значения температуры,  $\hat{Y}_t$  – смоделированные значения температуры.

Существует много работ, в которых сравнивается применение критериев AIC и BIC по отношению к разным моделям, однако окончательного вывода о том, в каком случае какой из критериев применять, пока не сделано. Тем не менее, в практике метеорологических прогнозов чаще используют критерий Акаике.

Выбранный портфель моделей и значение критерия AIC для каждой из них представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Значения информационного критерия Акаике для выбранного портфеля моделей

| Параметры |     |     |     |     |     |     | Значение<br>AIC |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| $p$       | $d$ | $q$ | $P$ | $D$ | $Q$ | $m$ |                 |
| 0         | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 12  | 1,76            |
| 1         | 0   | 0   | 2   | 1   | 0   | 12  | 1,74            |
| 2         | 0   | 3   | 4   | 1   | 3   | 12  | <b>1,72</b>     |
| 4         | 1   | 6   | 1   | 1   | 6   | 12  | 1,75            |
| 3         | 1   | 1   | 5   | 1   | 6   | 12  | 1,93            |
| 1         | 1   | 6   | 4   | 0   | 4   | 12  | 1,90            |
| 3         | 1   | 6   | 3   | 0   | 4   | 12  | 1,98            |

Модель с минимальным значением AIC будет выбрана в качестве лучшей модели прогнозирования. Согласно результатам, представленным в таблице 3, такой моделью является модель ARIMA(2,0,3)(4,1,3)<sub>12</sub>. Однако значения критерия AIC, полученные по другим моделям, очень близки к значению критерия по модели ARIMA(2,0,3)(4,1,3)<sub>12</sub>. Поэтому получим прогнозные оценки по всем выбранным моделям и проведем оценку точности прогнозов.

Чтобы проверить способность всех моделей прогнозировать, они были применены для прогнозирования среднемесячной температуры на период с января 2010 по декабрь 2019 г. Наиболее важным критерием выбора модели прогноза является ее точность, т.е. насколько она близка к прогнозированию фактических данных. В этом исследовании для оценки точности прогноза использован ряд стандартных показателей: среднеквадратичная ошибка (RMSE), средняя абсолютная ошибка (MAE), коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Формулы, по которым вычислены ошибки, представлены в таблице 3.

Результаты вычисленных показателей точности прогноза представлены в таблице 4. О точности аппроксимации говорит показатель  $R^2$ , который рассчитан для каждой из предложенных моделей и значение которого для всех моделей больше 0,92, что говорит о неплохой объясняющей способности моделей. Можно сделать вывод, что все модели дали хорошие результаты, но прогнозирующая способность модели ARIMA (2,0,3)(4,1,3)<sub>12</sub> была сильнее, поскольку она имела минимальные ошибки и наибольший  $R^2$ .

Таблица 3 – Показатели точности прогноза ( $\bar{Y}$  – среднее значение измеренной температуры воздуха)

| Показатель | Формула   |
|------------|---|
| MSE        | $MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2$                                |
| RMSE       | $RMSE = \sqrt{MSE}$   |
| MAE        | $MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N  Y_t - \hat{Y}_t $                                  |
| $R^2$      | $R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^N (Y_t - \bar{Y})^2}$ |

Таблица 4 – Критерии точности прогноза

| Модель                       | RMSE  | MAE    | $R^2$ |
|------------------------------|-------|--------|-------|
| (0,0,1)(0,1,1) <sub>12</sub> | 2,260 | 1,756  | 0,935 |
| (1,0,0)(2,1,0) <sub>12</sub> | 2,360 | 1,751  | 0,929 |
| (2,0,3)(4,1,3) <sub>12</sub> | 2,225 | 1,7131 | 0,937 |
| (4,1,1)(1,1,6) <sub>12</sub> | 2,248 | 1,737  | 0,936 |
| (3,1,1)(5,1,6) <sub>12</sub> | 2,494 | 1,927  | 0,921 |
| (1,1,6)(4,0,4) <sub>12</sub> | 2,369 | 1,868  | 0,929 |
| (3,1,6)(3,0,4) <sub>12</sub> | 2,398 | 1,91   | 0,926 |

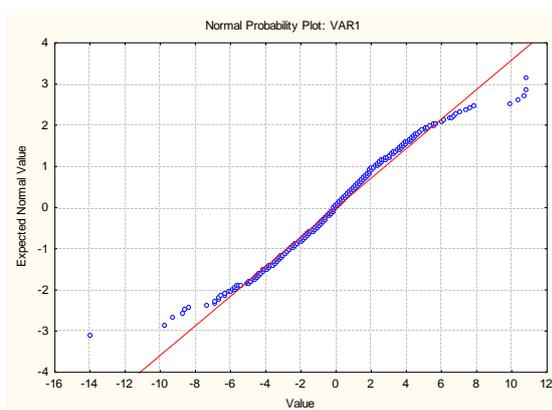
Теперь перейдем непосредственно к построению прогноза температуры по наилучшей модели. Построим прогноз по модели ARIMA (2,0,3)(4,1,3)<sub>12</sub> на период с января 2010 по декабрь 2019 года (рисунок 5).



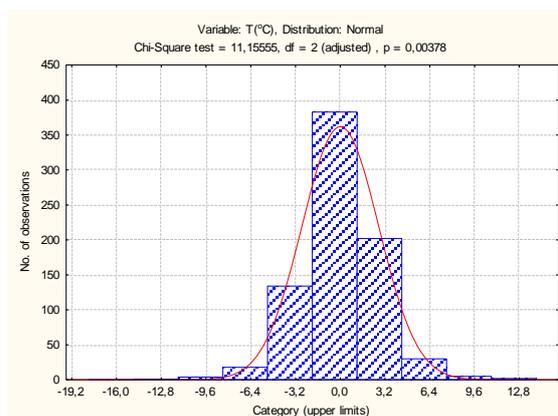
Рисунок 5 – График прогноза с использованием модели ARIMA (2,0,3)(4,1,3)<sub>12</sub>

Согласно рисунку 5 прогнозные значения (сплошная линия) близки к реальным значениям (пунктирная линия).

Важным моментом определения адекватности модели является анализ остатков. Для этого построим графики остатков для обучающей и тестовой выборок (рисунок 6 и рисунок 7). Из рисунках видно, что остатки распределены нормально.

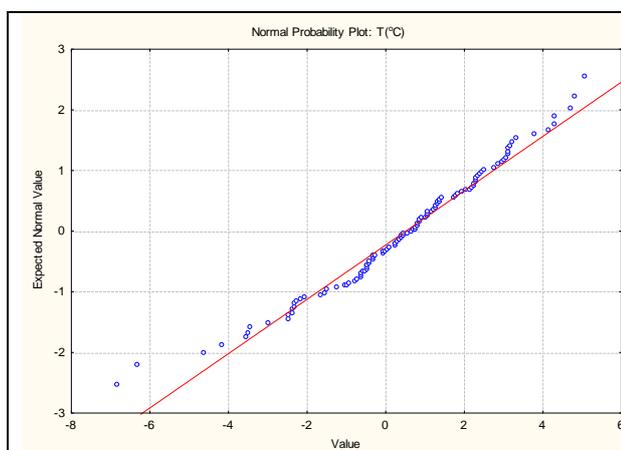


(a)

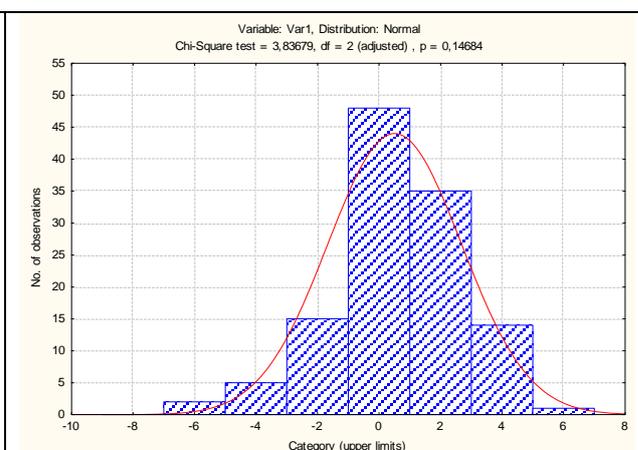


(б)

Рисунок 6 – Графики распределения остатков для обучающей выборки (1945–2009 гг.) :  
 (a) график нормального распределения остатков; (б) гистограмма остатков



(a)



(б)

Рисунок 7 – Графики остатков для тестовой выборки (2010–2019 гг.) :  
 (a) график нормального распределения остатков; (б) гистограмма остатков

**Заключение.** В данной работе для прогнозирования температуры атмосферного воздуха использован метод Бокса-Дженкинса. Предложен ряд моделей ARIMA, основанных на анализе функций автокорреляции и частной автокорреляции временных рядов. Среди этих моделей сезонная модель ARIMA  $(2, 0, 3) \times (4, 1, 3)_{12}$  дала наилучшие результаты, поэтому ее можно адаптировать для прогнозирования среднемесячной температуры воздуха Беларуси.

*Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ (договор № X20M064 от 04.05.2020)*

## Литература

1. Raicharoen, T. Application of critical support vector machine to time series prediction/ T. Raicharoen, C. Lursinsap, P. Sanguanbhokai // International Symposium on Circuits and Systems. – 2003. – Vol. 5. – Pp.V-741-V-744.
2. Balyani Y. A study and prediction of annual temperature in Shiraz using ARIMA model/ Y. Balyani, G.F. Niya, A. Bayaat // J. Geographic Space. – 2014. – № 12 (38). – Pp. 127-144.
3. El-Mallah E.S. Time-series modeling and short term prediction of annual temperature trend on Coast Libya using the box-Jenkins ARIMA Model/ E.S. El-Mallah S.G. Elsharkawy // Advances Res. – 2016. – № 6 (5). – Pp. 1-11.

4. Etuk H.E. Modelling monthly rainfall data of portharcourt, Nigeria by seasonal box-Jenkins method/ H.E. Etuk, U.I. Moffat, E.B. Chims // Int. J. Sci.– 2013. – № 2. – Pp. 60-67.
5. Nury, A.H. Time Series Analysis and Forecasting of Temperatures in the Sylhet Division of Bangladesh/ A.H. Nury, M. Koch, M.J. B. Alam // 4 th Int. Conf. Environ. Asp. Bangladesh. – 2013. – Pp. 24-26.
6. Sarraf, A. Relative Humidity and Mean Monthly Temperature Forecasts in Ahwaz Station with ARIMA Model in time Series Analysis/ A. Sarraf, S.F. Vahdat, A. Behbahaninia // Int. Conf. Environ. Ind. Innov. IPCBEE. – 2011. – Vol. 12. – Pp. 149-153.
7. Chen P. Time Series Forecasting of Temperatures using SARIMA: An Example from Nanjing/ P. Chen, A. Niu, D. Liu, W. Jiang, and B. Ma // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2018. – Vol. 394. – № 5. – Pp. 1-7
8. Бокс, Дж. Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление/ Бокс Дж. Дженкинс Г. – М., 1974. – Вып. 2.
9. Айвазян, С.А. Методы эконометрики/ С.А. Айвазян. – М. : Инфра-М, 2014. – 512 с.
10. Кантарович, Г.Г. Лекции по курсу «Анализ временных рядов»/ Г.Г. Кантарович // Экономический журнал ВШЭ. – 2002. – №№1–4; 2003. – № 1.
11. Информационные технологии в науке и производстве/ И.Г. Шашкова, Ф.А. Мусаев, В.С. Конкина, Е.И. Ягодкина // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 1-1. – С. 68-69.
12. Использование информационных технологий экспертных систем в АПК/ И.Г. Шашкова, В.В. Текучев, Л.В. Черкашина и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 421-426.

УДК 556.53:504.064.36

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕК БАСЕЙНА ПРИПЯТИ

*А.А. Волчек<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*УО БГТУ, г. Брест*

**Аннотация.** Дана оценка современных изменений климатических и гидрологических характеристик различных видов стока воды рек бассейна Припяти. Представлены прогнозные оценки стока для различных сценариев изменения климата на период до 2035 года.

**Ключевые слова:** *сток, изменение, оценка, прогноз, водные ресурсы*

**Summary.** The assessment of modern changes in climatic and hydrological characteristics of various types of water flow in the Pripyatbasin rivers is given. Forecast runoff estimates for various climate change scenarios for the period up to 2035 are presented.

**Keywords:** *runoff, change, estimation, forecast, water resources*

Припять, главная река Полесья, является средней по Европейским масштабам рекой черноморского бассейна. Длина реки – 761 км, площадь водосбора – 173,7 тыс. км<sup>2</sup>. Общее направление течения реки широтное с запада на восток, что не характерно для рек Восточной Европы. Русло в истоке канализированное, на остальном протяжении извилистое, слабо меандрирующее, разветвленное, изобилует заливами и примыкающими староречьями. Большинство притоков полностью или частично канализировано. Бассейн Припяти является трансграничным. Украинская часть бассейна составляет 57%, а белорусская – 43% площади водосбора. Припять берет начало в районе г. Владимир-Волынский на высоте 165 м над уровнем моря. Около 200 км река протекает по территории Украины, затем почти 500 км –

по Беларуси. Устьевой участок реки длиной 70 км – от с. Красно до впадения в Киевское водохранилище (р. Днепр) находится в пределах Украины [1].

Годовой ход уровней воды рек бассейна Припяти характеризуется сравнительно невысоким и распластанным весенним половодьем, низкой летней меженью, нарушаемой почти ежегодно дождевыми паводками, и более повышенной осенней и зимней меженью за счет дождей и оттепелей, следствием которых являются зимние паводки, в отдельные годы, превышающие весеннее половодье. Среднегодовой расход р. Припять в устье составляет 450 м<sup>3</sup>/с. Внутригодовое распределение стока характеризуется неравномерностью. Сток весеннего периода составляет в среднем около 61%, летне-осеннего – 23%, зимнего – 16% годового стока. Количественная характеристика модулей стока рек различных обеспеченностей представлена в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Модули стока воды (μ, л/(с·км<sup>2</sup>)) рек бассейна Припяти различной обеспеченности

| Вид стока                        | Коэффициенты изменчивости | μ <sub>ср</sub> | μ <sub>p=1%</sub> | μ <sub>p=5%</sub> | μ <sub>p=95%</sub> | μ <sub>p=99%</sub> |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Годовой                          | 0,32                      | 3,85            | 7,17              | 5,97              | 2,22               | 1,77               |
| Максимальный весеннего половодья | 0,89                      | 18,12           | 73,4              | 44,3              | 5,06               | 3,40               |
| Минимальный летне-осенний        | 0,51                      | 1,53            | 4,23              | 2,98              | 0,68               | 0,52               |
| Минимальный зимний               | 0,76                      | 1,48            | 5,37              | 3,31              | 0,52               | 0,39               |

Половодье обычно начинается в первой половине марта, но в отдельные годы может смещаться на февраль или апрель. Среднегодовое продолжительность затопления поймы р. Припять составляет 80–110 дней, а иногда – до 150–180 дней. Ширина весеннего разлива изменяется от 5 до 15 км, наибольшая же в районе г. Пинска достигает 30 км. Глубина затопления преимущественно 0,3–0,8 м, местами 2–2,5 м [2]. Максимальное половодье на Припяти отмечено в 1845 г. и было столь катастрофическим, что его, вероятно, можно отнести к группе предельно возможных в нашу климатическую эпоху. Максимальный расход воды в районе г. Мозыря оценивается в 11000 м<sup>3</sup>/с и приближенно можно считать повторяющимся не чаще чем один раз в 800 лет. Последнее значительное половодье было в 1999 г. [3]. В таблице 2 приведены расходы воды 10 наиболее значительных половодий на Припяти и их обеспеченности [3, 4].

Таблица 2. – Максимальные расходы воды (Q) весеннего половодья и обеспеченность (P) р. Припять – г. Мозырь

|                      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Годы                 | 1 845  | 1 877 | 1 895 | 1 888 | 1 889 | 1 940 | 1 979 | 1 932 | 1 970 | 1 958 |
| Q, м <sup>3</sup> /с | 11 000 | 7 500 | 5 670 | 5 100 | 4 700 | 4 520 | 4 310 | 4 220 | 4 140 | 4 010 |
| P, %                 | 0,8    | 1,6   | 2,3   | 3,1   | 3,9   | 4,7   | 5,4   | 6,2   | 7,0   | 7,6   |

Паводочные подъемы уровней, в отличие от половодий, возникают нерегулярно и по величине максимального расхода и слою стока паводки, как правило, существенно меньше максимумов половодья. Однако дождевые паводки 1952, 1960, 1974, 1993, 1998 гг. на многих водотоках и створах самой Припяти превысили половодье и нанесли значительный ущерб народному хозяйству. Даже локальные паводки на притоках способны вызвать значительные подъемы уровня в нижнем течении Припяти, обусловленные продвижением вниз паводочной волны. Высота паводков в среднем и нижнем течении Припяти достигает 2–3,5 м над предподъемным уровнем [5].

Половодье сменяется летне-осенней меженью, характеризующейся значительной изменчивостью. Летняя межень обычно ниже зимней и почти ежегодно прерывается

дождевыми паводками. Зимняя межень нередко прерывается оттепелями, следствием которых являются зимние паводки, в отдельные годы, превышающие половодье. Условия формирования меженного стока рек в целом можно считать благоприятными, т.к. территория Полесья находится в зоне избыточного увлажнения, а отток подземных вод в речную сеть более или менее длителен и постоянен. Минимальные уровни и сток воды в летний период наблюдаются при высоких среднесуточных температурах воздуха и при продолжительных периодах отсутствия осадков; в зимний период – при низких температурах. В Полесье в засушливые годы (1939, 1951, 1952 гг. и др.) наблюдалось пересыхание водотоков с площадями водосборов свыше 1000 км<sup>2</sup>. Промерзание наблюдается лишь на малых реках и на непродолжительное время. Наиболее маловодный период летне-осенней межени в основном наблюдается в июле – августе, реже – в сентябре. Продолжительность его для малых и средних водотоков составляет до 130 дней, для Припяти – 85–90 дней [6]. Зимняя межень, как правило, устанавливается в конце декабря. Наиболее ранние даты наступления межени приходятся на конец октября – начало ноября, а наиболее поздние – на январь, окончание – с началом весеннего половодья. В бассейне Припяти нулевой сток отмечен на 17 водотоках с площадями водосборов 11–1280 км<sup>2</sup>. Средняя продолжительность одного случая нулевого стока может достигать летом 195 суток, зимой – 75–100 суток. Величины наименьших летних расходов закономерно снижаются по территории Полесья с северо-запада и севера на юг и юго-восток, подчиняясь на больших и средних реках географической зональности. Однако на малых реках обнаруживается внутризональный характер изменений, зависящий от местных гидрогеологических особенностей [6].

Наиболее водообильными являются водоносные горизонты в трещиноватых и закарстованных карбонатно-сульфатных породах верхнего мела и неогена. Выходы меловых вод в виде восходящих источников с дебитом до 200 м<sup>3</sup>/ч, модуль минимального среднесуточного стока 97% обеспеченности изменяется от 0,07–0,18 л/(с·км<sup>2</sup>). Те реки, питание которых происходит из водоносных горизонтов аллювиальных и флювиогляциальных отложений, имеют низкие модули минимального стока, и в засушливые годы сток их полностью прекращается на период от 15 до 120 дней. Прекращение стока на этих реках возможно также и во время холодных, без оттепельных зим [7].

Для исследования гидрометеорологического и гидрологического режимов бассейна Припяти отобрано 7 метеорологических станций и 11 гидрологических постов. Выбор конкретных станций и постов обусловлен условиями их наличия в 1961 году и непрерывного последующего функционирования до 2015 года.

По результатам оценок изменения климата за период 1961 – 2015 гг. по бассейну Припяти можно сделать следующие обобщенные выводы [7]:

- произошло повышение температуры воздуха в среднем на 1,1°C, причем наибольшее повышение температуры произошло в зимний период – на 2,0°C, наименьшее – в осенний период с максимальным повышением на 0,3°C;
- количество осадков в среднем уменьшилось максимально на 10%.

Оценка изменения стока выполнена для каждого из гидрологических постов в среднемесячном и в среднегодовом разрезах для периода с 1986 по 2015 год по отношению к периоду с 1961 по 1986 год. Дополнительно выполнена оценка для максимальных расходов половодья и минимальных расходов летне-осенней межени (таблица 3). Итоговые обобщенные результаты по оценке изменения стока за период с 1961 года по 2015 год реки бассейна Припяти представлены в [7].

По результатам оценок изменения стока рек бассейна Припяти за период с 1961 по 2015 год можно сделать следующие обобщенные выводы [7]:

- среднегодовой сток изменился незначительно в сторону его уменьшением на 9%;
- значительное снижение стока половодья на 42% с более ранним наступлением его пика;
- увеличение стока в зимний период на 20%;

- сток в летний период изменился не значительно за весь период с 1961 по 2015 год, однако в последние годы произошло значительное снижение стока, который был даже меньше минимального за весь указанный период.

Сценарии изменения климата для рек бассейна Припяти на период до 2035 года получены с использованием материалов, представленных в Атласе глобальных и региональных климатических прогнозов, являющегося приложением к Пятому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [7]. Для общего прогноза изменения климата и стока до 2035 года используется представленный в Пятом докладе МГЭИК для Европы мультимодельный ансамбль из четырех сценариев – RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6 и картосхемы, разработанные МГЭИК с использованием глобальных климатических моделей и представленные в данном атласе.

Таблица 3 – Изменение характерных расходов воды рек бассейна Припяти за период 1961 – 2015 гг.

| Река, гидрологический пост | Площадь водосбора, км <sup>2</sup> | Относительные значения, % |                        |               |        |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------|--------|
|                            |                                    | средний                   | максимальный половодья | минимальный   |        |
|                            |                                    |                           |                        | летне-осенней | зимней |
| Припять – Черничи (Туров)  | 74 000                             | -6.77                     | -18.33                 | 2.27          | -1.82  |
| Припять – Мозырь           | 101 000                            | -0.63                     | -29.76                 | -0.75         | 2.55   |
| Ясельда – Береза           | 1 040                              | 1.69                      | -65.97                 | 98.21         | 39.35  |
| Ясельда – Сенин            | 5 110                              | -12.41                    | -47.14                 | 20            | 12.13  |
| Цна – Дятловичи            | 1 100                              | 6.79                      | -42.79                 | 16.28         | 31.74  |
| Горынь – Малые Викоровичи  | 27 000                             | -16.74                    | -45.68                 | -6.89         | 3.92   |
| Случь – Ленин              | 4 480                              | -16.51                    | -38.97                 | -33.03        | -5.29  |
| Уборть – Краснобережье     | 5 260                              | -10.47                    | -49.64                 | 8.68          | 14.62  |
| Птичь – Лучицы             | 8 770                              | -13.54                    | -44.56                 | -10.74        | 3.77   |
| Шать – Шацк                | 208                                | -13.74                    | -53.61                 | -31.91        | 13.04  |
| Оресса – Андреевка         | 3 580                              | -11.67                    | -26.9                  | -24.77        | -1.09  |

Для рек бассейна Припяти более подробный прогноз климата с учетом региональной его изменчивости, выявленной по метеорологическим станциям за период с 1961 по 2015 год, разработан с использованием наиболее неблагоприятных (консервативных) сценариев наибольшего повышения температуры и снижения осадков, а также с учетом линейной интерполяции [7]. С учетом использования наиболее консервативных сценариев изменения климата повышение температуры в бассейн Припяти в среднем за год может составить до 1,9°C при максимальном повышении зимой на 2,3°C, летом – на 1,9 °C, весной и осенью – примерно на 1,7°C. При этом годовое количество осадков изменится незначительно (суммарно за год уменьшится на 2%) с увеличением их зимой (в среднем на 7%), максимальным уменьшением летом (в среднем на 10%), в меньшей степени уменьшением весной (на 4%) и незначительном уменьшении осенью (в среднем на 1,6%) [7].

По предложенной в [8, 9, 10] методике выполнены прогнозные оценки изменения речного стока рек бассейна Припяти на период до 2035 года. При этом использовались результаты оценки фактического изменения климата и речного стока за период с 1961 по 2015 год и уточненный прогноз изменения климата на период до 2035 года в данных бассейнах рек с учетом мультимодельного ансамбля из четырех сценариев, рекомендуемого МГЭИК, а также региональной изменчивости климата.

Обобщение результатов прогнозного изменения стока рек бассейна Припять на период до 2035 года приведено в табл. 4 и на картосхемах [7], которые можно представить как:

- снижение среднегодового стока;
- незначительное уменьшение стока в зимний период по большинству рек;

- в весенний период, за редким исключением, вероятно снижение стока;
- в летний период прогнозируется существенное и максимальное из всех периодов года уменьшение стока;

- в осенний период также прогнозируется снижение стока.

Следует отметить, что прогнозные оценки изменения стока рек в условиях изменяющегося климата следует рассматривать как вероятностные, связанные с допущением ряда неопределенностей исходя из различных факторов, основные из которых, это:

- погрешность выявленных тенденций изменения метеорологических и гидрологических характеристик с учетом оценки статистической значимости этих тенденций;

- неопределенность и неоднозначность сценариев изменения климата;

- неопределенность результатов расчетов с использованием гидрологических моделей для прогнозирования стока, обусловленную как погрешностями самих моделей и их верификации, так и с неопределенностями используемых в них данных и коэффициентов;

- неопределенность прогнозов влияния факторов антропогенной нагрузки на водные ресурсы с учетом изменения климата.

Таблица 4 – Прогноз изменения стока до 2035 г. рек бассейна Припяти, в % от современного

| Река – створ                  | Зима         | Весна        | Лето         | Осень        | среднегодовой |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Припять –Черничи (Туров)      | 4,90         | 5,50         | -19,2        | 0,57         | -2,10         |
| Припять – Мозырь              | 0,23         | 1,60         | -20,6        | -2,40        | -5,30         |
| Ясельда – Береза              | -0,27        | -27,0        | -41,7        | -23,3        | -23,1         |
| Ясельда – Сенин               | -3,90        | -10,6        | -37,7        | -11,8        | -16,0         |
| Цна – Дятловичи               | -3,73        | -8,9         | -26,9        | -19,9        | -14,9         |
| Горынь – Малые Викоровичи     | -4,00        | -11,8        | -20,1        | -16,7        | -13,2         |
| Случь – Ленин                 | 10,1         | 5,70         | -15,8        | 1,57         | 0,40          |
| Уборть – Краснобережье        | -13,4        | -5,63        | -25,2        | -38,8        | -20,8         |
| Птичь – Лучицы                | 10,3         | -0,17        | -24,0        | 16,7         | 0,70          |
| Шать – Шацк                   | -0,17        | -9,20        | -10,7        | -4,40        | -6,10         |
| Оресса – Андреевка            | -14,7        | -10,7        | -28,4        | 5,40         | -12,1         |
| <i>В среднем по бассейну:</i> | <i>-1,33</i> | <i>-6,47</i> | <i>-24,6</i> | <i>-8,46</i> | <i>-10,3</i>  |

Значимость прогнозов стока в условиях изменяющегося климата определяется целесообразностью их последующего учета при планировании водоохраных и водохозяйственных мероприятий, связанных с совершенствованием управления речными бассейнами.

Особенно это актуально в связи с тем, что одним из наиболее негативных последствий изменения климата для речного стока является возможное увеличение частоты и интенсивности неблагоприятных гидрометеорологических явлений. К этим явлениям относятся ливни, засухи, поздние заморозки, наводнения, обусловленные дождевыми паводками и весенними половодьями, особенно при соединении факторов таяния снега и осадков в виде мокрого снега и дождя, а также возможного увеличения продолжительности половодья [4]. Усиление неравномерности внутригодового перераспределения стока и увеличение рисков наводнений, обусловленных резкими оттепелями в зимний период, более ранним наступлением половодья и увеличением интенсивности паводков может привести к увеличению рисков экстремальных явлений. Проблема возникновения маловодных периодов, приводящих к засухам, также актуальна для рек бассейна Припяти. Хотя в настоящее и будущее время нет явных предпосылок для возникновения дефицита водных ресурсов, тем не менее, повышается вероятность наступления длительных маловодных

периодов, во время которых может произойти ухудшение экологического состояния и рекреационного потенциала поверхностных водных объектов и прилегающих территорий, изменение режима грунтовых вод, истощение почвенного покрова в пойме и т. п. Кроме того, за счет возможного увеличения частоты и продолжительности засушливых периодов повышаются риски существенного уменьшения стока малых рек со снижением в них уровня воды, ухудшением ее качества и уменьшением рекреационного потенциала.

Поэтому разработка и реализация мер по адаптации к изменению климата в части совершенствования управления водными ресурсами является актуальной задачей.

## Литература

1. Водные ресурсы/ А.Г. Васенко, А.А. Волчек, В.В. Гребень и др. // Управление трансграничным бассейном Днепра: Суббассейн реки Припяти : Монография/ под ред. А.Г. Ободовского, А.П. Станкевича, С.А. Афанасьева. – К. : Кафедра, 2012. – С.46-89.

2. Логинов, В.Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз/ В.Ф. Логинов, Ан.А. Волчек, А.А. Волчек – Минск : Беларуская навука, 2014. – 244 с.

3. Волчек, А.А. Опасные гидрологические явления на р. Припяти/ А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Экстремальные гидрологические ситуации. – М. : ООО «Медиа-ПРЕСС», 2010. – С.295-322.

4. Волчек, А.А. Мониторинг, оценка и прогноз чрезвычайных ситуаций и их последствий/ А.А. Волчек, П.С. Пойта, П.В. Шведовский // Брест: Альтернатива. – 2012. – 423 с.

5. Волчек, А.А. Паводки на реках Беларуси : Монография / А.А. Волчек, Т.А. Шелест. – Брест : БрГУ, 2016. – 199 с.

6. Волчек, А.А. Минимальный сток рек Беларуси/ А.А. Волчек, О.И. Грядунова. – Брест : БрГУ, 2010. –169 с.

7. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата/ А.А. Волчек, В.Н. Корнеев, С.И. Парфомук и др. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.

8. Волчек, А.А. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р. Ясельда) / А.А. Волчек, С.И. Парфомук // Водное хозяйство России. – 2007. – № 1. – С. 50 – 62.

Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Мелиорация и водное хозяйство.-1986.- №12. – С.17 – 21.

Волчек, А.А. Автоматизация гидрологических расчетов / А.А. Волчек // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей Среды: Тр.межд. научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико - социальных преобразований в условиях рыночных отношений. / Брест.политехн. институт.- Биберах - Брест - Ноттингем, 1998. – С.55 – 59.

Гидротехнические сооружения: виды и классификация / И.В. Шермет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, 2018. С. 365-369.

12. Опыт внедрения средств гидравлической автоматики в водозаборных узлах и сооружениях на каналах орошаемых земель/ А.Г. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ, Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрных университет, 2003. – С. 124-129.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ТЕХНИКА АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОПОДАЧИ

*О.П. Гаврилина<sup>1</sup>, С.Н. Борычев<sup>1</sup>, Д.В. Колошеин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г.Рязань

**Аннотация.** В статье представлены основные технические условия и техника автоматизации водоподачи. Также рассмотрена технология эксплуатации водовыпускного сооружения предусматривающая несколько технологических режимов работы.

**Ключевые слова:** водоподача, автоматизация, водозабор, авторегулятор, водовыпускное сооружение.

**Summary.** The article presents the main technical conditions and techniques of water supply automation. The technology of operation of the water outlet structure is also considered, which provides for several technological modes of operation.

**Keywords:** water supply, automation, water intake, autoregulator, water outlet structure.

Интенсификация производства сельскохозяйственной продукции растениеводства предполагает техническое совершенствование оросительных систем, автоматизацию технологических процессов на них [1, 2].

Наиболее массовыми на гидромелиоративных системах являются сооружения водоподачи из каналов и водозаборных узлов, автоматизация которых сводится к оснащению их средствами расходов воды отвода.

Автоматизируя водовыпускные сооружения на мелиоративных системах, предполагается достичь обеспечения технологического процесса регулирования водоподачи (частично или полностью) без непосредственного участия человека.

Автоматизация водовыпускного сооружения является составной частью комплексной автоматизации всей гидромелиоративной системы. При этом технологический процесс на гидромелиоративной системе, начиная с водозабора и кончая поливом, следует рассматривать как единый и непрерывный [3, 4].

Автоматизация водозабора, водораспределения и, в частности, водоподачи носит местный характер и является начальным этапом комплексной автоматизации гидромелиоративной системы.

Выбор средств автоматизации расходов воды отвода, осуществляющих функцию регулирования водоподачи, зависит от наличия водных ресурсов, рельефа местности, типа оросительной системы, условий эксплуатации, мутности воды, мелиоративного состояния земель и т.п. Поэтому, технологический процесс водоподачи можно рассматривать как самостоятельный элемент единого целостного технологического процесса на гидромелиоративной системе, начинающегося с водозабора и заканчивающегося поливом.

Технология эксплуатации водовыпускного сооружения предусматривает несколько технологических режимов [5, 6]:

- первичное поступление воды в водоприемную камеру (если таковая существует) к регулирующему устройству;
- стационарный режим работы водовыпускного сооружения;
- аварийный режим работы водовыпуска;
- опорожнение водовыпускного сооружения.

Согласно такой технологии эксплуатации, вода первоначально попадает из канала или на водозаборном узле в водоприемную камеру к регулирующему устройству. При этом на водозаборных узлах предусматривается очистка потока воды от вредных наносов до поступления к регулятору расхода отвода.

Далее вода требуемого качества поступает в водовыпуск, где подача ее в отвод нормируется при помощи системы стабилизации водоподачи, функционирующей в период эксплуатации в стационарном режиме.

Отводимый расход воды устанавливается вручную или средствами телемеханики (что значительно реже) изменением установки системы стабилизации.

Автоматизация водовыпускных сооружений в зависимости от конкретных условий чаще всего осуществляется при помощи следующих технических средств [7, 8]:

1) стабилизаторов расхода воды отвода, которыми оборудуются водовыпуски, расположенные в зоне влияния перегораживающего сооружения, с обеспеченным командованием и постоянным режимом истечения;

2) авторегуляторов расхода, которыми оснащаются водовыпуски с обеспеченным командованием и изменяющимися в значительных пределах уровнями воды перед отводом, а также с переменным режимом истечения;

3) специальных затворов-автоматов, совмещающих функции перегораживающего и водовыпускного сооружений, предназначенных для автоматизации водовыпускных сооружений, командование уровня воды перед которыми не обеспечено, или одиночных водовыпусков на каналах.

В свою очередь, по конструктивному признаку или исполнению водовыпускные сооружения можно разделить на следующие типы: башенные, безбашенные с управлением водоподачей в верхнем бьефе при безнапорной водоподаче или с камерой управления на выходе из напорного трубопровода, т.е. в нижнем бьефе [9].

По функциональному признаку водовыпускные сооружения бассейна суточного регулирования можно разделить на непосредственно водовыпускные и совмещенные с водосбросными. В последнем случае на выходе из бассейна суточного регулирования должен быть предусмотрен автоматический или автоматизированный автоматическим регулятором уровня верхнего бьефа водосброс.

По режиму протекания потока водовыпускных сооружений их можно разделить на водовыпуски, работающие в безнапорном режиме (при оборудовании затворами со стороны верхнего бьефа) и напорные (при оборудовании затворами со стороны нижнего бьефа).

При выборе одного из перечисленных средств автоматизации водоподачи необходимо, чтобы прежде всего выбранная техника отвечала технологическим требованиям объекта автоматизации [10, 11].

Основные технические условия и требования, предъявляемые к технике автоматизации водоподачи:

1) обеспечение системой стабилизации требуемого качества регулирования – постоянства отводимого расхода воды с точностью  $\pm 5\%$  от расчетного значения (в пределах точности водомерных устройств);

2) недопущение в закрытом положении потерь воды;

3) обеспечение в открытых водоводах автоматического пропуска паводков или других повышенных расходов по транзитному каналу или источнику;

3) наличие в потоке плавника и мусора не должно влиять на работу стабилизатора;

4) непопадание донных и вредных взвешенных наносов в отвод;

5) простота инструктивного исполнения и эксплуатации должна сочетаться с минимальными затратами на изготовление и монтаж средств автоматизации водовыпускного сооружения;

6) обеспечение надежности системы стабилизации водоподачи;

7) система стабилизации водоподачи должна совмещать функции водоучета и регулирования (стабилизации) отводимых расходов.

При выборе системы стабилизации водоподачи для целей автоматизации водовыпускного сооружения необходимо учитывать:

- пропускную способность водовыпускного сооружения;

- минимальное и максимальное наполнение перед регулятором;

- скорости потока в транзитном канале (если система стабилизации устанавливается на канале);
- гидравлические условия работы (режим истечения, условия подхода и др.);
- наносный режим;
- рельеф местности на месте устройства водовыпускного сооружения;
- климатические условия.

При выборе авторегулятора имеет значение зона нечувствительности чувствительности, время переходного процесса, степень неравномерности, запаздывание и т.д. При подборе же стабилизатора расхода перечисленные показатели особой роли не играют.

В последнее время все более широкое распространение на водовыпускных сооружениях оросительных систем получают стабилизаторы расхода воды, которые в отличие от авторегуляторов расхода не только работают на использование гидравлических свойств потока, но также не имеют подвижных в работе частей, что позволяет обеспечить их простоту конструкций и эксплуатации, надежность и долговечность.

### Литература

1. Пат. РФ № 2187833. Стабилизатор расхода воды / Я.В.Бочкарев, О.П. Гаврилина. – Оpubл. 20.08.2002; Бюлл. № 23.
2. Бочкарев, Я.В. Моноблочная система стабилизации водоподачи из трубчатых водовыпусков, каналов и малых водоемов/ Я.В. Бочкарев, О.П. Гаврилина // Сборник научных трудов РГСХА. – Рязань, 2000. – Выпуск № 4. – Часть 1. – С. 119-124.
3. Чудновский, С.М. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений/ С.М. Чудновский, О. И. Лихачева. – М. : Инфра-Инженерия, 2017. – 148 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69021.html>
4. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шеремет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2019. – С. 365-369.
5. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2018. – С. 323-326.
6. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, 2020. – С. 395-401.
7. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива/ А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С. 64-68.
8. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарькина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 353-357.
9. Гидротехническое сооружение – дамба/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 12-17.

10. Гаврилина, О.П. Теоретические основы водоучета локальными системами стабилизации водоподдачи/ О.П. Гаврилина, А.С. Штучкина // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 1. – С. 88-91.
11. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина// Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.
12. Туркин, В.Н. Эколого-технологические аспекты выбора систем водоотведения и канализации для предприятий/ В.Н. Туркин, Д.О. Коротаев // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2016. – С. 126-129.
13. Туркин, В.Н. Современные перспективы использования преобразователей частоты в системах водоснабжения/ В.Н. Туркин, Г.Р. Ипатьева, Е.В. Росликова, К.В. Юшкина // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 344-350.
14. Отраслевая экология/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов и др. – Могилев-Рязань, 2016. – 154 с.
15. Экологическое ресурсоведение/ Е.С. Иванов, В.В. Чёрная, Д.В. Виноградов и др. – Рязань, 2018. – 514 с.
16. Эколого-экономические проблемы орошаемого земледелия/ Г. Соболин, И. Сатункин, Ю. Гулянов, Ю. Коровин // Экономика сельского хозяйства России. – 2003. – № 4. – С. 37
17. Словарь терминов и основных понятий по ирригации и экологии/ Г.В. Соболин, Г.В. Петрова, И.В. Сатункин, Ю.И. Коровин. – Оренбург, 2007.

УДК: 631.6.02:624.13

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ВОДЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

*К.Н. Евсенкин<sup>1</sup>, А.В. Ильинский<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ, Мещерский филиал, г. Рязань*

**Аннотация:** Представлены результаты многолетней динамики запасов воды в снежном покрове стационарного участка, расположенного на пойменных землях в хозяйстве Рязанской области. Информация получена на основе проведения снегомерной съемки, включающей определение высоты снежного покрова при помощи переносной снегомерной рейки и плотности снега при помощи весового снегомера. Установлены изменения в запасах воды в снеге, что оказывает существенное влияние на формирование водных режимов осушаемых земель.

**Ключевые слова:** осадки, водоснабжение, мелиорированные земли, урожайность, сельское хозяйство, снежный покров, экологическая безопасность.

**Summary.** The results of long-term dynamics of water reserves in the snow cover of a stationary site located on floodplain lands in the Ryazan region are presented. The information was obtained on the basis of a snow measurement survey, which includes determining the height of the snow cover using a portable snow gauge rail and snow density using a weight snow meter. Changes in water reserves in the snow have been established, which has a significant impact on the formation of water regimes of drained lands.

**Keywords:** precipitation, water supply, reclaimed land, productivity, agriculture, snow cover, environmental safety.

Распределение снежного покрова на водосборе и типах рельефа зависит от ряда постоянно действующих как природных, так и антропогенных факторов [1-4]. Для поддержания влажности почвы в необходимых пределах на протяжении всего вегетационного периода, с целью обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур, необходима свежая вода. Регулирование естественной влажности почвы осуществляется, в основном, с помощью мелиоративных мероприятий [5]. На формирование водных режимов осушаемых земель в Нечерноземной зоне большое влияние оказывает снежный покров. Одним из важнейших компонентов биосферы, во многом определяющим среду обитания человека, являются водные ресурсы [5-6]. При проведении увлажнительной мелиорации, направленной на повышения впитывания воды в почву, важно изучение объема влаги на поле, поступающей с атмосферными осадками (жидкими и твердыми) [7]. Сведения об атмосферных осадках представляются в виде данных об их количестве, выпадающем в виде дождя и снега. Количество атмосферных осадков измеряется высотой слоя воды (в мм), образующегося в результате их выпадения за отдельный дождь (снегопад) или за какой-либо период времени на водонепроницаемой поверхности [8]. Такие расчеты особенно важно проводить применительно к различным угодьям, покрывающим водосбор (лес, пашня, болота, залежи и др.) [9]. Ухудшение качественного состава воды при антропогенном воздействии на агроландшафт снижает экологическую устойчивость биогеоценоза [5, 10-12]. Глобальное загрязнение атмосферы и, соответственно, атмосферных осадков поллютантами особенно активно происходит в последние десятилетия. Одними из основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных пунктов, являются тяжелые металлы [13]. В атмосферных осадках содержание солей находится в прямой зависимости от запыленности атмосферы и в обратной – от суммы выпадающих осадков [14]. Вымывая из атмосферы поллютанты и перенося их в почву, атмосферные осадки способствуют миграции загрязняющих веществ в подземные и поверхностные воды. Так, концентрация свинца в снеге возрастает от 1,6 мкг/л в районах, удаленных от промышленных объектов, до 350 мкг/л и выше в крупных городах. Обусловленная наличием серной и азотной кислот кислотность осадков возрастает к западной границе России [13]. По результатам исследований, выполненных на Центральной опытной станции ВИУА (Московская обл., Домодедовский район) [15], было установлено, что близость расположения крупных промышленных центров привела к значительному поступлению меди и цинка в составе атмосферных осадков (медь – 2,3%, цинк – 8,6%). Загрязненность снега выбросами автотранспорта наблюдается на расстоянии до 500 м от дороги. Среди тяжелых металлов в пробах снега присутствовали: марганец, цинк, медь, свинец, кадмий, кобальт, никель и стронций [16]. В процессах миграции загрязняющих веществ, ключевую роль играет водный фактор. Сельскохозяйственные и урбанизированные (городские и сельские населенные пункты) территории относятся к источникам диффузионного загрязнения водных объектов поллютантами (тяжелыми металлами, нефтепродуктами, биогенными элементами и взвешенными веществами), при этом интенсивность процессов загрязнения зависит от комплекса природно-хозяйственных условий и удаленности от источников загрязнения [13].

Снегомерная съемка необходима при расчете среднего запаса воды в снежном покрове на определенной площади. Она включает в себя измерение высоты и плотности снежного покрова в контрольных точках [8]. В 2019 и 2020 годах с целью определения запасов воды в снежном покрове были проведены снегомерные съемки на мелиорированных землях АО «Московское» (рисунок 1).

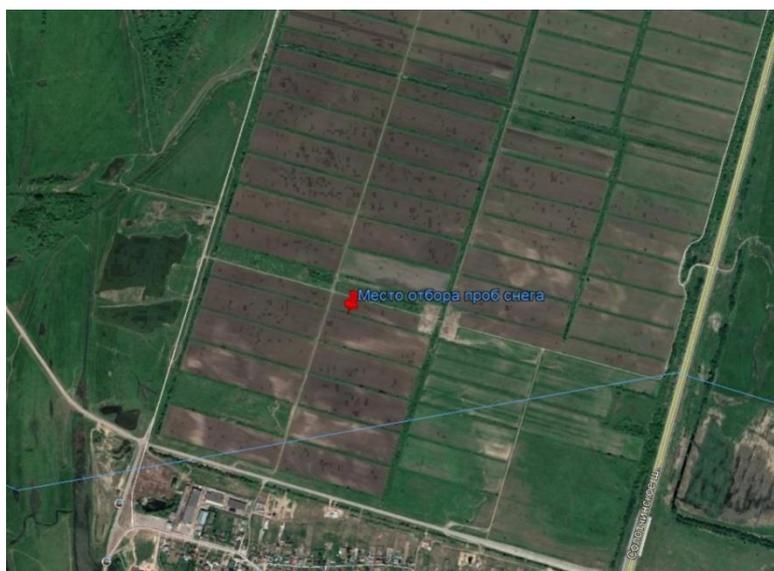


Рисунок 1 – Схема расположения стационарного участка проведения снегомерной съемки на мелиорированных землях АО «Московское»

Наблюдения за снегом на полевых участках были выполнены по промерной линии в форме равностороннего треугольника, общая длина маршрута 1 км в момент наибольшей высоты снежного покрова: перед началом весеннего таяния снега (конец февраля) [17–19].

Обобщенные результаты многолетних наблюдений за снежным покровом и снегомерной съемки, а также расчета запаса воды в снеге на мелиорированных землях АО «Московское» представлены в таблице 1.



Рисунок 2 – Определение высоты снежного покрова при помощи переносной снегомерной рейки (слева земли АО «Московское» Рязанская область, 2019 год) и фиксирование факта отсутствия устойчивого снежного покрова при проведении снегомерной съемки (справа мелиорированные земли АО «Московское» Рязанская область, 2020 год)

Таблица 1 – Результаты проведения снегомерной съемки на мелиорированных землях АО «Московское»

| Год исследований (февраль-март) | Мощность снежного покрова ( $h_{cp}$ ), см | Плотность снежного покрова ( $d_{cp}$ ), г/см <sup>3</sup> | Запас воды в снеге ( $Q_{cp}$ ), м <sup>3</sup> |
|---------------------------------|--|--|---|
| 2019                            | 24,4                                       | 0,35   | 857   |
| 2020                            | 0  | 0  | 0   |
| Среднее                         | 12,2                                       | 0,175  | 428,5   |

Результаты исследований в 2019 году мощности и плотности снежного покрова показали, что запас воды в снеге зависит как от высоты, так и от плотности снежного

покрова. Анализ оценки запасов воды в снеге обследованного стационарного участка показал, что запасы воды на землях АО «Московское» составили – 857 м<sup>3</sup>.

Результаты исследований 2020 года показали, что на мелиорированных землях АО «Московское» зафиксированы нулевые запасы воды в снеге, из-за отсутствия снежного покрова, что территория мелиорированных земель АО «Московское» находится на открытом месте и, в условиях аномально теплого и дождливого зимнего периода, снеговые осадки сдуваются с неё под действием сильных ветров.

Таким образом, основываясь на результатах снегомерной съемки 2019 и 2020 годов в условиях аномально теплой зимы 2019–2020 гг., ранней весны, минимальных запасов воды в снеге и дефиците весенних атмосферных осадков, в период весенних полевых работ сельскохозяйственным предприятиям необходимо уделять особое внимание своевременному проведению мероприятий по ранневесеннему сохранению влаги в корнеобитаемом слое почвы, например, оперативно проводить работы по боронованию зяби.

## Литература

1. Никитин, И.С. Определение испарения со снежного покрова/ И.С. Никитин, Л.Н. Плехов, Ю.А. Томин // Мелиорация земель Мещерской низменности. – Рязань : Мещерская ЗОМС, 1974. – С. 21-25.
2. Евсенкин, К.Н. Основные приемы комплексной мелиорации для восстановления плодородия сработанных торфяных почв/ К.Н. Евсенкин // Сб.: Итоги перспективы развития агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции. – с. Солонное Займище : ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020. – С. 342-347.
3. Захарова, О.А. Мониторинг осушаемых объектов на территории Рязанской Мещеры с использованием дронов/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2020. – С. 125-129.
4. Пыленок, П.И. Экологические особенности функционирования мелиорируемых агроландшафтов/ П.И. Пыленок // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2020. – С. 392-395.
5. Шумаков, Б.Б. Научные основы ресурсосбережения и охраны природы в мелиорации и водном хозяйстве/ Б.Б. Шумаков. – М. : НР, 1998. – 312 с.
6. Ильинский, А.В. Экологические основы природопользования/ А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Д.В. Данчеев. – Рязань, 2017. – 128 с.
7. Маслов, Б.С. Мелиорация вод и земель/ Б.С. Маслов. – М., 2004. – 278 с.
8. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь/ А.И. Чеботарев – Л. : Гидрометеорологическое изд-во, 1964. – 224 с.
9. Никитин, И.С. Мелиорация земель Мещерской низменности/ И.С. Никитин, Е.П. Панов, К.И. Родин. – М. : Моск. рабочий, Рязан. отделение, 1986. – 208 с.
10. Мониторинг тяжелых металлов в поверхностных и грунтовых водах ландшафта Окского бассейна/ Ю.А. Мажайский, В.Ф. Евтюхин, А.В. Ильинский, Т.М. Гусева // Интеграл. – 2008. – № 6(44). – С. 19.
11. Виноградов, Д.В. Экология агрэкосистем/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев. – Рязань, 2020. – 256 с.
12. Природопользование и устойчивое развитие биосферы/ Д.В. Виноградов, Р.Т. Турекельдиева, А.В. Ильинский, С.Т. Дуйсенбаева. – Рязань, 2020. – 164 с.
13. Безднина, С.Я. Экологические основы водопользования/ С.Я. Безднина. – М. : ВНИИА, 2005. – 224 с.
14. Никаноров, А.М. Гидрохимия/ А.М. Никаноров. – Л. : Гидрометеоздат, 1985. – 231 с.
15. Черных, Н.А. Экологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами/

Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – М. : Агроконсалт, 1999. – 176 с.

16. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях/ Ю.В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.

17. Евсенкин, К.Н. Изучение запасов воды в снежном покрове мелиорированных земель/ К.Н. Евсенкин, А.В. Ильинский // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы III Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 124-127.

18. Евсенкин, К.Н. Результаты изучения запасов воды в снежном покрове на землях Рязанской Мещеры/ К.Н. Евсенкин, А.В. Ильинский // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. Часть II. – 2019. – № 11 (68). – С. 33-35.

**УДК628.14**

## **РЕЖИМ РАБОТЫ ЗАТВОРОВ И ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ**

*Д.В. Колошеин<sup>1</sup>, О.П. Гаврилина<sup>1</sup>, Р.А. Мамонов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГТУ, г.Рязань

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Академия ФСИН РОССИИ, г. Рязань

**Аннотация:** В статье представлены режимы работы затворов и выбор средств автоматизации. Также перечислены основные средства автоматизации и показаны параметры влияющие на гидравлическую структуру.

**Ключевые слова:** автоматизация, затвор, гидравлическая служба, водозаборный узел.

**Summary:** The article presents the operating modes of the gates and the choice of automation tools. It also lists the main automation tools and shows the parameters that affect the hydraulic structure.

**Keywords:** automation, gate, hydraulic service, water intake unit.

Технические средства автоматизации – разновидность технических устройств, функционирующих на основе информационных процессов[1, 2].

На гидромелиоративной системе автоматизируют многие технологические процессы: водозабор, водораспределение, полив, водоучет, аварийную защиту и др.

Для автоматизации технологических процессов применяют системы: стабилизации или регулирования выходных параметров (уровня, расхода воды, отношения расходов, давления в трубопроводе и др.) при переменных входных воздействиях; программного регулирования; следящие.

Необходимую гидравлическую структуру потока на автоматизированном водозаборном узле получают только при определенном режиме работы затворов (в порядке маневрирования).

Для каждого типа узла, а в данном типе для каждой конкретной плотины устанавливается свой режим работы затворов. На плотинах распластанного типа он зависит от изменения расходов воды в створе плотины и соответственно от колебания уровней.

Порядок маневрирования задают с таким расчетом, чтобы поддержать необходимый уровень воды в верхнем бьефе и обеспечить нормальный безнаносный водозабор в систему, гидравлическую промывку наносов и др.

Однако порядок и особенно очередность маневрирования затворами нередко изменяют в процессе эксплуатации, например из-за переформирования русла. Поэтому в схеме автоматизации гидроузлов необходимо предусмотреть любую очередность маневрирования затворами и автоматическое включение следующего по номеру затвора при выходе из строя предыдущего. Для поддержания заданного режима работы затворов используют простейшее программное устройство – блок выбора очередности.

На плотинных водозаборных узлах первой группы режим работы затворов иной. Здесь на водосливных плотинах, а нередко и на водозаборных сооружениях затворы открывают или по два для создания требуемой гидравлической структуры (поперечной циркуляции) потока и более плавного регулирования водосброса. При таком маневрировании оборудование меньше изнашивается, так как очередной затвор вступает в действие, когда предыдущий полностью сработал (открылся или закрылся).

Вводят также ступенчатое маневрирование затворами, при котором очередной затвор начинает срабатывать, когда предыдущий поднялся или опустился на определенную высоту. Такой порядок применяют в основном на узлах, где возникает опасность размыва нижнего бьефа.

При автоматизации водозаборных узлов управления гидравлическими затворами-автоматами значительно упрощается, так как оно сводится лишь к изменению положения задатчика, а затвор движется за счет энергии тока воды. Порядок и очередность маневрирования затворами аналогичны [3].

При этом на узлах группы, где решетка убрана, важно правильно задавать режимы работы затворов-автоматов. Датчик уровня затворов-автоматов водосливного пролета плотины рекомендуется устанавливать на отметку несколько ниже (до 5%), чем расчетный уровень авторегулятора речного пролета. Эта величина принимается в пределах точности регулирования уровня верхнего бьефа перед отводом. Такая установка задатчика обеспечивает очередность в сработке затворов-автоматов. Сначала начинает работать затвор-авторегулятор (или их комплекс) на водосливном пролете плотины, а после его полного открытия – затвор-автомат (или их комплекс) на речном пролете плотины. Здесь также в случае необходимости можно вводить очередность в работе затворов-автоматов (или их комплекса) [5].

Диапазон автоматизации у затворов-автоматов водосливного пролета должен быть равен 100% по открытию (опусканию), чтобы пропустить плавник и т.п. У затворов-автоматов речного пролета диапазон автоматизации (0...50% расчетного наполнения в верхнем бьефе (по открытии затвора)) зависит от конкретных условий: пропуска максимальных расходов реки с сохранением требуемой гидравлической структуры потока в верхнем бьефе и командования над отводами или водоприемниками. На реках с большой амплитудой колебания уровней и расходов между меженным и паводковым периодами, где за расчетное принимают бытовое наполнение речного пролета при пропуске расходов, диапазон автоматизации иногда доходит до 100% [6].

Технические средства автоматизации должны отвечать техническим условиям и требованиям автоматизации головных водозаборных узлов.

При выборе автоматических регуляторов прежде всего следует учитывать требования технологического процесса к регулированию: амплитуду колебаний регулируемых параметров (расходов, уровней); допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра от заданного значения (статическую ошибку); допустимую динамическую ошибку в переходный период (наибольшее отклонение регулируемого параметра от заданного значения); допустимое время регулирования (время переходного процесса); допустимую динамичность переходного процесса при перерегулировании.

Принимая во внимание особенности головных водозаборных узлов как объектов автоматизации при выборе авторегуляторов, необходимо также учитывать характеристики внешней среды, и в частности климатические условия. Так, если водозаборный узел работает круглый год, то системы автоматики должны поддерживать заданный режим работы водозаборного узла независимо от температуры и т.д.

Таким образом, при выборе авторегулятора необходимо знать: вид энергии, используемой для автоматизации работы; качество работы (точность работы, порог чувствительности, зона нечувствительности, время переходного процесса и т.д.); степень защищенности от аварий, от злоумышленного повреждения; устойчивость и надежность

работы; конструкцию; поведение при эксплуатации; экономические показатели (стоимость изготовления, монтажа, эксплуатации и т.д.).

При выборе средств автоматизации для конкретного типа узла следует стремиться к минимальному числу типоразмеров.

Перед выбором типа авторегулятора определяют основные требования к переходному процессу по условиям технологии работы данного объекта и устанавливают необходимые показатели качества регулирования.

Характер и качество регулирования определяют для условий совместной работы авторегулятора и объекта автоматизации. Продолжительность переходного процесса объекта не должна быть меньше минимального значения этого процесса для выбранного типа регулятора, так как в противном случае произойдет рассогласование – переходный процесс не закончится до нового возмущения.

Однако из основных условий выбора авторегулятора – скорость регулирования. Отклонения регулируемого параметра (уровня, расхода) допускаются на короткий промежуток времени. Он тем меньше, чем меньше аккумулирующая емкость гидроузла и больше скорость изменения регулируемых параметров.

При выборе авторегуляторов, как отмечалось выше, следует учитывать их качественные показатели, и прежде всего чувствительность, степень неравномерности и величину запаздывания.

На чувствительность авторегулятора оказывают влияние силы трения, инерционные силы подвижных частей, силы сопротивления в передачах. Авторегулятор должен иметь чувствительность большую, чем колебания параметров регулируемого процесса.

Особый интерес представляет выбор авторегуляторов по роду действия. Если регулируемая среда создает в чувствительном элементе усилия, достаточные для перемещения регулирующих органов, то лучше устанавливать авторегуляторы прямого действия, как более простые по конструкции, надежные и устойчивые в работе и вместе с этим обладающие высоким качеством регулирования. Там, где требуется регулировать один параметр, например, уровень воды в верхнем бьефе одного значения, используют авторегуляторы прямого действия одного значения уровня.

Однако, варьируя звенья авторегулятора непрямого действия со звеньями авторегулятора прямого действия, можно добиться практически любого качества регулирования и характера переходного процесса [8, 9].

Таким образом, на речных пролетах головных водозаборных узлов с учетом вышеизложенного рекомендуют применять [10] авторегуляторы прямого действия. На водосливном пролете можно устанавливать авторегуляторы непрямого действия, так как возможное запаздывание во времени их сработки компенсируется авторегуляторами речного пролета.

## Литература

1. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шермет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2019. – С. 365-369.

2. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2018. – С. 323-326.

3. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий / В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, 2020. – С. 395-401.

4. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива/ А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С.64-68.

5. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ, 2019. – № 2 (9). – С. 98-102.

6. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 36-41.

7. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

8. Гаврилина О.П. Технология водоподачи из каналов и водоемов с обоснованием параметров и режимов работы стабилизатора расхода воды : дис. ... канд. техн. наук/ О.П. Гаврилина. – Рязань, 2009. – 190 с.

9. Гаврилина, О.П. Теоретические основы водоучета локальными системами стабилизации водоподачи/ О.П. Гаврилина, А.С. Штучкина // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 1. – С. 88-91.

10. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарькина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 353-357.

11. Туркин, В.Н. Эколого-технологические аспекты выбора систем водоотведения и канализации для предприятий/ В.Н. Туркин, Д.О. Коротаев // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 126-129.

12. Природопользование и устойчивое развитие биосферы/ Д.В. Виноградов, Р.Т. Турекельдиева, А.В. Ильинский, С.Т. Дуйсенбаева. – Рязань : РГАТУ, 2020. – 164 с.

13. Водопользование и динамика загрязнения поверхностных водных объектов Рязанской области/ А.Н. Варнаков, Е.В. Бирюкова, Е.С. Иванов, Д.В. Виноградов // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 108-113.

УДК 544.478.13; 628.316.12; 546.175; 631.6.03

## **ОЧИСТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОД ОТ НИТРАТНЫХ И НИТРИТНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫХ ТКАНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

***М.В. Кузнецов<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>ФГБУ ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России, г. Москва*

**Аннотация:** Исследована возможность применения стекловолокнистых тканых полотен с толщиной волокон порядка 7–10 мкм в качестве каталитических подложек нового типа для восстановления водных растворов нитратов с использованием различных металлов-промоутеров. Проведена оценка их эффективности при каталитическом жидкофазном гидрировании нитритов и нитратов в водных средах различного назначения, в том числе и

сельскохозяйственных вод. Установлено, что активность в расчете на грамм металла, а также селективность по отношению к азоту превосходят аналогичные характеристики для порошковых и гранулированных катализаторов. Показана возможность реализации непрерывных схем денитрификации, а также исключения стадий фильтрационной очистки вод от диспергированных катализаторов, что приводит к улучшению экономических и экологических характеристик процесса.

**Ключевые слова:** *очистка воды, стекловолоконистые тканые каталитические (СВТК) материалы, металлы-промоутеры, каталитическая денитрификация, сельскохозяйственные воды.*

**Summary:** Possibility of using fiberglass woven fabrics with a fiber thickness of about 7–10 microns as a new type of catalytic substrates for reduction of aqueous solutions of nitrates using various promoter metals, was investigated. Their effectiveness in the catalytic liquid-phase hydrogenation of nitrites and nitrates in a various water media, including agricultural waters, was evaluated. It was found that the activity per gram of metal-promoter, as well as selectivity with respect to nitrogen, exceed similar characteristics for powderized and granular catalysts. It was shown, that it is possible to implement continuous denitrification schemes, as well as to exclude the stages of filtration treatment of water from dispersed catalysts. It leads to an improvement of the economic and environmental characteristics of the process.

**Keywords:** *water treatment, fiberglass woven catalytic (FGWC) materials, promoter metals, catalytic denitrification, agricultural waters.*

Проблема денитрификации вод, в том числе и сельскохозяйственных сточных вод, имеет большое экологическое значение и приобретает особую остроту в настоящее время. Это обусловлено интенсивным использованием в сельском хозяйстве азотсодержащих минеральных удобрений, проникающих в грунтовые воды, а также в естественные и искусственные водоемы. Концентрация нитратов в этих водах значительно возросла за последние годы и достигла к настоящему времени во многих регионах критического уровня. Наибольшую опасность, для человека представляют не столько нитраты, сколько нитритные формы солей, которые образуются в результате восстановительных реакций и других химических превращений, происходящих в воде в естественных условиях. Нитриты подавляют процессы переноса кислорода в крови и при этом способны превращаться в канцерогенные нитрозамины. Для защиты здоровья человека Всемирной Организацией Здравоохранения (WHO) разработаны и упорядочены допустимые нормы содержания нитратов и нитритов в воде на основе научно-обоснованных рекомендаций учёных.

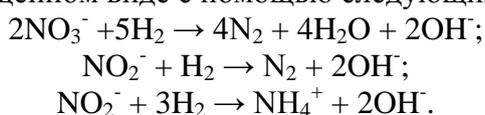
Нитраты и нитриты являются стабильными, хорошо растворимыми солями, плохо адсорбируемыми и неспособными к со-осаждению. Указанные свойства этих солей создают принципиальные трудности для их удаления из вод такими традиционными методами обработки водных сред, как умягчение путем известкования с последующей фильтрацией. Известны различные биологические методы денитрификации. Однако эти методы характеризуются существенными недостатками, поскольку они представляют собой весьма медленные и трудноуправляемые процессы, при этом не обеспечивающие полной очистки. Следует также выделить два негативных фактора, присущих технологии прямой биологической денитрификации воды: (1) очищаемая вода должна быть тщательно перемешана с вводимыми в нее биологическими культурами; (2) в воду должны быть введены органические соединения в качестве источников энергии для функционирования биологической реакции денитрификации.

Известны также физико-химические процессы денитрификации вод, такие как, например, ионно-обменные технологии, осмотические методы разделения, а также методы электродиализа. Однако применение этих методов требует значительных финансовых затрат и связано с использованием больших масс твердых компонентов, подлежащих удалению из очищаемых вод. Регенерация отработанных ионно-обменных смол, связанная

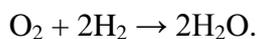
с использованием концентрированных растворов хлорида или бикарбоната натрия, требует организации производства больших количеств рассола. Применение осмотических мембран сопровождается появлением таких эксплуатационных затруднений, как их засорение, уплотнение, приводящее к росту сопротивления, а также потеря фильтрующей способности мембран. Процессы электролиза все еще находятся в начальной стадии развития и их стоимость весьма велика. Например, химическое восстановление нитратов и/или нитритов из вод с помощью  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  сопровождается образованием больших количеств железосодержащего шлама. Восстановление нитратов и нитритов в воде можно осуществить с использованием процесса электролиза. Однако и этот метод дорогостоящий и нетехнологичный.

Денитрификация воды методом каталитического восстановления нитратов и/или нитритов является единственным процессом, который позволяет обеспечить 100%-ую очистку воды от этих примесей. Процесс базируется на использовании металлсодержащих катализаторов на носителе, на которых при участии водорода растворенные в воде нитраты и нитриты восстанавливаются до азота, что и обеспечивает денитрификацию водной среды. Известны, например, металлсодержащие катализаторы на порошкообразном носителе, находящиеся в очищаемой водной среде в суспендированном состоянии. Такие катализаторы также характеризуются существенными недостатками. Во-первых, управление процессом на порошковом суспендированном катализаторе затруднено. Во-вторых, порошковая форма катализатора требует применения реакторов, оборудованных перемешивающими устройствами, необходимыми для образования суспендированной реакционной среды и преодоления лимитирующих интенсивность денитрификации диффузионных затруднений. В-третьих, применение порошковых суспендированных катализаторов связано с необходимостью введения в технологический процесс стадий фильтрационного освобождения от них очищаемых водных сред. Существование в схеме стадий фильтрования требует значительных энергетических затрат и обуславливает технологически невыгодный периодический режим работы. Кроме этого, чтобы повысить селективность гидрирования нитратов до азота и уменьшить образование ионов аммония (компонента не токсичного, однако, присутствие которого в питьевых водах крайне нежелательно), в связи с чем приходится наряду с Pd/Cu-катализатором вводить дополнительно Pd-содержащий катализатор, который обеспечивает полноту восстановления нитритов.

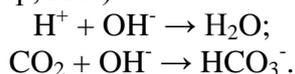
Каталитическое восстановление нитратов и нитритов в воде при участии водорода может быть записано в обобщенном виде с помощью следующих уравнений:



Кислород, растворенный в воде, восстанавливается на том же катализаторе водородом до начала реакций денитрификации:



Гидроксильные ионы, образующиеся в ходе процесса в эквивалентных концентрациях, нейтрализуются кислотами (например, HCl):



Для процесса денитрификации вод, как представляется, наиболее продуктивно использовать металлсодержащий катализатор на неорганическом носителе, изготовленном из стекловолокнистых тканых каталитических (СВТК) материалов, диаметр волокон которых находится в интервале 1-10 мкм и имеющих пористую структуру с площадью внутренней поверхности 2-100 м<sup>2</sup>/г. Такие изделия могут применяться как в форме тканых изделий, так и нетканых блоков, содержащих в своем составе металл из ряда палладий, платина, родий и/или из палладия, модифицированного металлами из группы медь, олово, индий, серебро, цинк при общем содержании металла в волокнистом носителе в интервале 0,01–1,0 мас. %.

Катализатор на основе стекловолоконистого носителя может размещаться в технологическом реакторе в виде ковриков, расстилаемых на колесниках, в форме рулонной скрутки, запрессованной в трубки реактора, а также в виде полотнищ, закрепленных на элементах перемешивающих устройств реактора. Активность такого рода катализаторов в отношении реакций денитрификации вод зависит от метода приготовления катализатора, от структуры используемого стекловолоконистого носителя, от природы активных металлических компонентов, а также от их распределения на носителе. Как показали проведенные нами исследования, процесс денитрификации воды в соответствии с предлагаемым техническим решением протекает на стекловолоконистых катализаторах значительно более эффективно, чем на гранулированных или порошковых катализаторах. Анализируя этот положительный результат, можно выделить следующие химические и физические причины, обеспечившие достижение качественного скачка в параметрах процесса денитрификации:

- оказалось, что наносимый на стекловолоконистый носитель металл (в частности, палладий) находится в особом состоянии по уровню каталитической активности, что позволяет снизить его содержание, приблизительно, на порядок;
- небольшие размеры элементарного волокна (1-10 мкм) в стекловолоконистом носителе предлагаемого катализатора обеспечивают интенсификацию процесса за счет снижения диффузионных затруднений;
- применение предлагаемого катализатора на стекловолоконистом носителе (как альтернатива порошковому катализатору) позволяет исключить из технологической схемы сложную и дорогостоящую операцию фильтрационной очистки и перевести процесс на непрерывный режим.

В качестве каталитически активных металлов, вводимых в стекловолоконистый носитель, были использованы палладий и платина. Общее содержание благородного металла в волоконистом носителе весьма мало – порядка 0,01–0,2% масс. В принципе, для этих целей могут быть использованы и другие переходные металлы. Процесс денитрификации вод эффективно протекает также на палладированном стекловолоконистом носителе, в который в качестве промотирующего элемента могут быть введены металлы, выбранные, например, из группы Cu, Sn, In, Ag, Zn. При этом, список элементов, которые могут быть использованы в предлагаемом катализаторе в качестве промоторов, открыт и может быть расширен.

Растворимость водорода в воде при 10-35°C составляет приблизительно 2 мл/л при атмосферном давлении, при этом с увеличением давления растворимость возрастает линейно. Таким образом, в случаях денитрификации сильно загрязненных вод, требующих повышенного расхода водорода, процесс на предлагаемом катализаторе можно вести под увеличенным давлением. Насыщение воды водородом может осуществляться любыми известными способами (например, с использованием известных устройств для насыщения воды газом). Однако следует отметить, что для оптимальной эффективности процесса важно тонкое распыление вводимого в реактор водорода и предотвращение процесса укрупнения пузырей при барботаже водорода через обрабатываемую воду. Для реализации этого требования могут быть использованы специальные диспергирующие мембраны. Процесс денитрификации на предлагаемом катализаторе идет активно при температурах 5–30°C, наиболее предпочтительный интервал 10–25°C. В ходе процесса необходимо регулирование рН среды, чтобы обеспечить нейтрализацию гидроксильных ионов.

Таким образом, подводя итог преимуществ предлагаемого процесса с использованием СВТК, можно констатировать, что:

- предлагаемый процесс денитрификации вод создан на основе реализации процесса восстановления нитратов на новом для этой технологии классе катализаторов СВТК. Эти катализаторы представляют собой эффективные системы, работающие устойчиво при температурах 10-30 °С и рН 6-7 и обладающие высокой активностью (например, в 40 раз превосходящей системы биологической денитрификации).

- предлагаемая технология очень проста в эксплуатации и позволяет легко восстанавливать связанный азот до молекулярного, снижая концентрацию первого от 100 мг/л до 2–5 мг/л.

- предлагаемый процесс, характеризующийся научной, технической и патентной новизной, обладает существенными эксплуатационными, технологическими и экономическими преимуществами перед другими традиционными процессами денитрификации вод, включая осмотические, ионообменные и биологические методы, например, в связи с возможностью реализации непрерывных схем денитрификации, а также исключения стадий фильтрационной очистки вод от диспергированных катализаторов.

Используемый термин «вода» охватывает, практически, весь спектр водных сред. В проведенных нами исследованиях показана возможность осуществления денитрификации на предлагаемом катализаторе для широкого круга различных водных сред: сельскохозяйственных вод, грунтовых вод, сточных вод, питьевых вод, а также минеральных вод и фруктовых соков.

### Литература

1. Захарова, О.А. Составы вод дренажного стока характеристика грунтовых вод на мелиорированном агроландшафте/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Вестник РГАТУ. – 2016. – № 2 (30). – С. 18-22.

2. Природопользование и устойчивое развитие биосферы/ Д.В. Виноградов, Р.Т. Турекельдиева, А.В. Ильинский, С.Т. Дуйсенбаева. – Рязань : РГАТУ, 2020. – 164 с.

УДК627.83

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ДРЕНАЖНОГО СТОКА

*Л.А. Маслова<sup>1</sup>, А.С. Попов<sup>1</sup>, Е.Ю. Гаврикова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г.Рязань

**Аннотация.** В статье представлено определение химического состава вод дренажного стока. Также рассмотрены две группы дренажного стока, включающие в себя концентрации железа, щелочноземельных металлов, и других металлов.

**Ключевые слова:** дренажный сток, химический сток, осушительная система, почва.

**Summary.** The article presents the definition of the chemical composition of drainage runoff waters. Two groups of drainage runoff are also considered, including concentrations of iron, alkaline earth metals, and other metals.

**Keywords:** drainagerunoff, chemicalrunoff, drainagesystem, soil.

Механизм формирования состава дренажных вод определяется инфильтрацией атмосферных[1, 2] осадков и гидравлической связью с речными водами. Минерализация дренажных вод увеличивается от весны к осени. Это обусловлено тем, что в ранневесенний период существует сквозная нисходящая инфильтрация слабоминерализованных талых вод через зону аэрации и разбавление ими речных вод.

Химический состав вод дренажного стока привлекает внимание прежде всего по трем следующим причинам: во-первых, для решения задач агрономического цикла, обоснования рациональных норм и систем удобрений на мелиорированных почвах; во-вторых, при разработке мероприятий по охране окружающей среды, оценке влияния вод дренажного стока на состав и качество воды водоприемников, на ихтиофауну и в целом на гидробиоту; в-третьих, эти сведения определяют конструктивные особенности дренажа, направленные на

оптимизацию факторов плодородия почв. Существует и еще один аспект рассматриваемой проблемы [3, 4].

В целом дренажные системы являются огромными лизиметрами, в регулируемую сеть которых поступают естественные почвенные растворы. Изучая состав дренажного стока, можно проследить черты современного почвообразования, протекающего при активном влиянии человека. Если учесть, что в настоящее время сданные мелиорированные массивы занимают десятки, сотни тысяч и миллионы гектаров, а проблема выноса элементов и влияния дренажных сточных вод на природную среду гумидных ландшафтов остается нерешенной, то становится очевидной актуальность этой проблемы.

По составу воды дренажного стока можно подразделить на две группы. Воды дренажного стока первой группы формируются в почвах грунтового заболачивания. Они весьма разнообразны по составу, который определяется гидрохимией грунтового (грунтового-напорного) бассейна. В известной мере такие воды подвергаются разбавлению влагой осадков; они содержат компоненты, выщелачиваемые из поверхностных горизонтов почвенного профиля. В них часто встречаются повышенные концентрации железа, щелочноземельных металлов, реже - сульфатов кальция и натрия.

Вторая группа вод дренажного стока формируется при работе дренажных систем на почвах поверхностного заболачивания. В этом случае состав вод оказывается более однородным, и его различия обусловлены составом и свойствами почвообразующих пород. В этой группе обычно отсутствуют воды, обогащенные железом, сульфатами кальция и натрия. Здесь на кислых породах преобладают пресные и ультрапресные воды, формирующие дренажный сток [5].

Вынос соединений и химических элементов дренажным стоком. При равных условиях интенсивность выноса определяется параметрами дренажа и мероприятиями, сопутствующими дренажу, а именно чем меньше расстояние между дренами, тем больший объем дренажного стока пропускает осушительная система и тем больше вынос. На тяжелых почвах с водопроницаемостью иллювиальных горизонтов  $< 0,1 \dots 0,05$  м/сут при междренних расстояниях 10, 20 и 40 м объем стока и вынос изменяются в отношении 3:1. Особенно резко возрастает объем стока и вынос при кротовании тяжелых почв (в 1,5... 2 раза в период стабильного состояния дрен) и рыхлении – кротовании. Глубокое мелиоративное рыхление, резко увеличивая адсорбционную поверхность, особенно сплошное рыхление (до 80 см) активными рыхлителями, может способствовать (по сравнению с рыхлением-кротованием) снижению концентрации ионов в водах дренажного стока [6, 7].

Наиболее активно [8] в Нечерноземной зоне выносятся щелочноземельные металлы. Осушение активизирует окисление серы сульфидных минералов. Весьма заметным оказывается вынос калия, особенно в кислых почвах. Фосфор почти не поступает в дренажные воды, даже при внесении фосфорнокислых удобрений, поскольку ортофосфорная кислота связывается в основном с трехвалентными металлами, особенно с алюминием. Чем больше содержится в почве карбонатов, чем выше степень насыщенности их двухвалентными катионами, тем устойчивее к выветриванию алюмо- и феррисиликаты, тем ниже содержание в воде дренажного стока кремнезема, железа, алюминия, фосфора, марганца и тем слабее их вынос.

В зависимости от влажности года при дренаже (междренние расстояния – 16 м, глубина – 1,1 м) из средне- и тяжелосуглинистых оглеенных почв на покровных кислых лессовидных породах отмечены следующие минимальные и максимальные величины годового выноса: кальций – от 11 до 164 кг/га, магний – от 6 до 56 кг/га, нитраты – от 8 до 20 кг/га, фосфаты – 0,3 кг/га (А. В. Пендюр).

Следует отметить, что дренажные и речные воды по своему составу не отличаются. Однако, важно знать, что в дренажных водах в сравнении с речными, отмечается увеличенное состояние  $SO_4$ , K,  $NH_4$ . Высокое содержание калия обусловлено внесением удобрений. Увеличение  $NH_4$  и  $SO_4$  относят на усиление процесса минерализации. Также

следует отметить, что со стоком выносятся в больших количествах взвешенные вещества, что в последующем приводит к заиливанию каналов.

## Литература

1. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

2. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 36-41.

3. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ, 2019. – № 2 (9). – С. 98-102.

4. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

5. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарькина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 353-357.

6. Гаврилина, О.П. Технология водоподачи из каналов и водоемов с обоснованием параметров и режимов работы стабилизатора расхода воды : дис. ... канд. техн. наук. – Рязань, 2009. – 190 с.

7. Гаврилина, О.П. Теоретические основы водочета локальными системами стабилизации водоподачи/ О.П. Гаврилина, А.С. Штучкина // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 1. – С. 88-91.

8. Авторегуляторы уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах/ А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина, В.А. Биленко, М.И. Голубенко // Вестник РГАТУ. – 2013. – № 4. – С. 83-87.

9. Состояние осушительных систем Рязанской области на примере межхозяйственной мелиоративной системы «Прогресс» Шацкого района/ А.В. Кузин, С.А. Морозов, С.Н. Афиногенова и др. // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 247-254.

10. Захарова, О.А. Составы вод дренажного стока характеристика грунтовых вод на мелиорированном агроландшафте/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Вестник РГАТУ. – 2016. – № 2 (30). – С. 18-22.

11. Захарова, О.А. Роль климата и анализ тепловлагообеспеченности на основе ГИС-моделирования/ О.А. Захарова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 148-152.

## ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В РОССИИ

*Е.В. Мищенко<sup>1</sup>, О.А. Селина<sup>1</sup>, Е.А. Семиохина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ОГАУ, г. Орел

**Аннотация.** Анализируются проблемы водоснабжения и водоотведения в России. Рассматриваются некоторые примеры таких проблем в различных городах и регионах. Приводятся пути их решения.

**Ключевые слова:** *Водоснабжение, водоотведение, коммунальные объекты, насос.*

**Summary.** The problems of water supply and sanitation in Russia are analyzed. Some examples of such problems in different cities and regions are considered. The ways of their solution are given.

**Keywords:** *Water supply, sanitation, utilities, pump.*

Водоотведение, как и водоснабжение, играет важную роль в обеспечении необходимых условий проживания в городе. Система водоотведения – необходимый элемент современного городского хозяйства. Нарушения и сбои в ее работе могут ухудшить санитарно-эпидемиологическую ситуацию в городе. В наше время проблемы водоотведения и очистки сточных вод становятся очень актуальными в связи с многочисленными экологическими бедствиями. Протяжённость сетей водоснабжения и водоотведения в России 763 000 км (для сравнения: общая протяжённость государственных границ составляет 60 932 км, что в 12,5 раз меньше). Из них 64,8 %, то есть 494 400 км, нуждаются в замене. Устаревание коммуникаций и оборудования ежегодно становится причиной 87 000 аварий. Наиболее критичная ситуация сложилась в сфере водоотведения: износ оборудования достигает 70-80 %. Много осложнений возникает в сезоны обильных дождей и паводков. Повышается нагрузка на системы, техника перестаёт справляться с отводом стоков: затопливаются дома, районы и целые города.

К сожалению, часто проекты по модернизации систем водоотведения разрабатываются уже после происшествий [1, 2]. Так, например, в конце июня 2016 г. сильный ливень затопил Ростов-на-Дону. В городе был введён режим ЧС. Из-за непогоды утонули десятки автомобилей, пострадало 11 человек. Только после наводнения был объявлен конкурс на покупку оборудования стоимостью 11,7 млн руб. Проблемы есть и в Ижевске: системы не справляются с нагрузками, и затопление улиц во время ливней становится обычным делом. На обновление систем водоотведения требуется 8 млрд руб. Прорыв трубы диаметром 900 мм произошел около 22:00 7 января 2020 г. в Орле. Без холодной воды в течение нескольких суток оказалось порядка 70 тыс. человек. В результате аварии от холодного водоснабжения было отключено 703 многоквартирных дома, 5 поликлиник, 2 больницы, 13 школ и 31 детский сад. Подобная обстановка сложилась и во многих других городах России [3, 4, 5].

Многие коммунальные объекты строились в условиях, отличающихся от эксплуатационных, и не модернизировались десятилетиями. Например, в последнее время усугубилась ситуация в Приморье: в регионе регулярно происходят стихийные бедствия. В конце августа – начале сентября 2016 г. здесь прошёл тайфун «Лайонрок», последствия которого стали самыми разрушительными за последние 40 лет. Из-за аномальных дождей и плохой работы ливневых стоков затопленными оказались 40 населённых пунктов, в том числе 4,5 тысячи домов с населением 14 тысяч человек.

Чтобы исправить положение, государство на регулярной основе инвестирует средства в совершенствование жилищно-коммунального хозяйства. Однако основной акцент будет делаться не на прямом финансировании, а на субсидировании процентной ставки для концессионеров, для тех муниципалитетов, куда пришёл частный инвестор. Пока

модернизация жилищно-коммунального хозяйства в целом и отрасли водоотведения в частности идёт медленно: с 2012 года износ основных фондов водоснабжения остаётся на уровне 57%, водоотведения 58%; из действующих канализационных очистных сооружений 32% перегружено, а 79% эксплуатируются более 20 лет и нуждаются в реконструкции.

В соответствии с планом работы Комитета Государственной Думы 20 февраля 2020 года в Государственной Думе состоялось заседание «круглого стола» на тему «Проблемы применения законодательства Российской Федерации о водоснабжении и водоотведении и реализация полномочий муниципальных образований в данной сфере» с участием депутатов Государственной Думы и членов Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, представителей федеральных министерств и ведомств, законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, межмуниципальных объединений России, общественных организаций, экспертного сообщества. В ходе данного мероприятия участники обсудили вопросы совершенствования законодательной и нормативно-правовой базы, ход реализации федерального проекта «Чистая вода», а также иные вопросы, касающиеся исполнения муниципальными образованиями полномочий в сфере водоснабжения и водоотведения. Все выступающие сошлись во мнении, что в целом текущее положение отрасли водно-канализационного хозяйства можно признать неудовлетворительным и требующим, помимо прочего, правового совершенствования и корректировки отдельных законодательных норм.

Имеется ряд ключевых проблем, характерных для сферы водно-канализационного хозяйства:

- высокий уровень физического износа сетей водоснабжения и водоотведения и низкие темпы их ремонта и замены;
- низкая доля нормативно очищенной сточной воды;
- бюджетная недофинансированность и низкий инвестиционный потенциал отрасли;
- несогласованность схем водоснабжения, ценообразования, инвестиционных решений и требований, предъявляемых к водоканалам, по доступности и качеству водоснабжения и водоотведения;
- несогласованность и несовершенство существующей нормативно-правовой базы в отрасли водно-канализационного хозяйства.

Способствовать более быстрому проведению работ и выходу отрасли из кризисного положения могут российские производители профессионального оборудования. В частности, насосы и комплектующие, выпускаемые на местных заводах, зачастую доступнее зарубежных аналогов и поставляются быстрее – логистика проще. Работа такого оборудования полностью автоматизирована [6]. Насосы [7] включены в сеть удалённого управления, что облегчает работу обслуживающего персонала. Однако не всё оборудование в настоящее время выпускается в России. Например, высоковольтные насосы поставляются по индивидуальному заказу из-за рубежа, так как из-за больших масштабов проекты с таким оборудованием являются редкостью. Подобное оборудование фирмы GRUNDFOS установлено, например, в системе отвода ливневых стоков с Имеретинской низменности. При строительстве Олимпийского парка была устроена система подземных трубопроводов и коллекторов, по которым вода попадает в приёмный резервуар и далее откачивается одиннадцатью высоковольтными насосами GRUNDFOS серии KWM. Во время аномального наводнения в Сочи в 2015 г. эти насосы перекачивали по 150 000 м<sup>3</sup> воды в час.

Успешный опыт, приобретённый при реконструкции и строительстве систем водоотведения для разных объектов по всей России, показывает, что повысить качество водоотведения возможно. Тем более сегодня ведущие мировые компании локализируют производства в нашей стране, а это помогает заказчикам добиться существенной финансовой выгоды, сократить временные затраты на логистику и сервисное обслуживание.

## Литература

1. Отставнов, А.А. Водоснабжение и водоотведение общественных зданий (+ CD-ROM)/ А.А. Отставнов. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2018. – 279 с.
2. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение/ И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. – М. : Юрайт, 2018. – 472 с.
3. Цифры и факты // ГУП «Водоканал». – Режим доступа://www.vodokanal.spb.ru/o\_kompanii/cifry\_i\_fakty.
4. Тарифы на питьевую воду, водоотведение и очистку сточных вод // Комитет по тарифам. – Режим доступа: <http://www.tarifspb.ru/tariffs/category/4>.
5. Мищенко, Е.В. Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности/ Е.В. Мищенко, С.В. Бутырин // Сб.: Инновации природообустройства и защиты окружающей среды : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Саратов : ООО Издательство «КУБиК», 2019. – С. 241-244.
6. Рульнов, А.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения/ А.А. Рульнов, К.Ю. Евстафьев. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 208 с.
7. Яцун, С.Ф. Исследование переноса жидкости через мембрану при различных типах воздействия/ С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Е.В. Мищенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 5. 2011. – С. 10-11.
8. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 353-357.
9. Гаврилина О.П. Технология водоподачи из каналов и водоемов с обоснованием параметров и режимов работы стабилизатора расхода воды : дис. ... канд. техн. наук/ О.П. Гаврилина. –Рязань, 2009. –190 с.

УДК626.80

### ПРИЧИНЫ И ОЦЕНКА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ПОЧВ

*А.С. Попов<sup>1</sup>, Д.В. Колошеин<sup>1</sup>, А.Н. Худякова<sup>1</sup>, Л.О. Прибылова<sup>1</sup>, К.Н. Кулькова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлены причины и оценка заболачивания почв, также указаны меры борьбы с заболачиванием почв.

**Ключевые слова:** почва, заболачивание, болото, сельскохозяйственные культуры.

**Summary.** The article presents the causes and assessment of waterlogging of soils, as well as measures to combat waterlogging of soils.

**Key words:** soil, waterlogging, swamps, agricultural crops.

Заболачивание грунта – это процесс, при [1, 2] котором поверхность почвы затапливает большой объем воды. В основном это происходит, когда уровень грунтовых вод находится близко в поверхности, что мешает воде впитываться в землю. Когда происходит чрезмерное увлажнение грунта, и такой процесс продолжается долго, постепенно образуется болото.

Длительный анаэробноз – одна из основных причин заболачивания почв (гидрологический фактор), обусловлен застоем влаги в горизонтах почвенного профиля. Данный фактор приводит к ухудшению и гибели сельскохозяйственных культур, а также возникновению характерных признаков почвенного гидроморфизма (результат временного или постоянного переувлажнения почвенного профиля или его части, когда количество влаги

превышает 70-80% почвенной влагоемкости). Устранении основной причины заболачивания почв происходит с помощью гидротехнических и агромелиоративных мероприятий, создающих благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.



Рисунок 1 – Заболачивание почв Нечернозёмной зоны России

В условиях Нечерноземной зоны заболоченные и болотные почвы, входят в группу гидроморфных почв, формирующиеся под влиянием пяти гидрологических факторов:

- атмосферных;
- намывных склоновых;
- намывных русловых;
- грунтовых вод;
- грунтово-напорных вод.

В мелиоративном отношении [3, 4] диагностика причин заболачивания почв представляет существенный интерес, поскольку они определяют метод осушения, то есть принципиальную направленность мелиоративных мероприятий.

Помимо, основных гидрологических факторов [5, 6] существуют и другие причины заболачивания почв: биогенное заболачивание суши и зарастание водоемов. Диагностика каждого фактора имеет огромное прикладное значение в полевых условиях.

Для борьбы с заболачиванием почв применяются различные профилактические меры. К ним относится прежде всего ведение продуманной хозяйственной деятельности с учетом влияния ее на всю экосистему, системное орошение земли, строительство каналов и водохранилищ лишь на подходящих для этого участках, а также умеренная вырубка лесов в местностях с влажным климатом и низкой испаряемостью влаги с поверхности земли. Все это должно производиться с учетом возможных последствий. Но самым эффективным



способом решения проблемы заболачивания почв является осушение.

Рисунок 2 – Осушение болот

Суть этого метода заключается [7, 8] в отводе с определенного участка излишней влаги. Для этого создаются открытые каналы и дренажные системы, когда для отведения воды под землю закапываются специальные трубки. Сухость, явившаяся следствием этого,

предотвращает вымывание из земли ценных минеральных веществ. Таким образом, они постепенно начинают скапливаться в почве. Вскоре содержание гумуса в ней повышается.

Но для продуктивного ведения сельского хозяйства [9, 10] на данном участке указанных мер бывает недостаточно. Необходимы также регулярные минеральные подкормки почв фосфорными, азотными и калийными удобрениями с добавлением медного купороса. В качестве органической подкормки часто применяют навоз и его заменители. На освобожденной от болот территории первое время высаживаются кормовые культуры и многолетние травы, и лишь только потом выращиваются фруктовые деревья и возделываются овощные культуры.

Также часто осушение болот производится для упрощения процесса вырубki лесов и облегчения добычи торфа.

## Литература

1. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

2. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

3. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 36-41.

4. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2019. – № 2 (9). – С. 98-102.

5. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

6. Методы улучшения характеристик грунтов основания/ Д.В. Колошеин, С.Б. Федоринова, Е.А. Майорова, О.Э. Талалаева // Сб.: Современные направления и подходы к проектированию и строительству инженерных сооружений : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 103-107.

7. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива/ А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С.64-68.

8. Техничко-экономическое обоснование возведения насыпи на слабом основании/ В.С. Пыжов, Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина и др. // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 391-395.

9. Исследование траектории движения капель дождевальнoй машины/ Г.К. Рембалович, А.И. Рязанцев, М.Ю. Костенко и др. // Вестник РГАТУ. – № 4. – 2018. – С. 138-142.

10. Анализ дождевальных установок для орошения рассады/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк и др. // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 369-372.

11. Планирование природоохранных мероприятий по защите почв и водных ресурсов при комплексной реконструкции ирригационных систем/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин, И.В. Сатункин // Сб.: Экономика-правовые и экологические проблемы землепользования в условиях рыночной экономики России и стран СНГ (методология, теория и практика хозяйствования) : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2003. – С. 149-156.

12. Эколого-экономические проблемы орошаемого земледелия/ Г. Соболин, И. Сатункин, Ю. Гулянов, Ю. Коровин // Экономика сельского хозяйства России. – 2003. – № 4. – С. 37.

13. Словарь терминов и основных понятий по ирригации и экологии/ Г.В. Соболин, Г.В. Петрова, И.В. Сатункин, Ю.И. Коровин. – Оренбург, 2007.

УДК 628.1.03

## СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТИХОРЕЦКОГО РАЙОНА

*И.А. Приходько<sup>1</sup>, Н.А. Чижевская<sup>1</sup>, О.Х. Исламов<sup>1</sup>, И.В. Чаленко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО КубГАУ, г. Краснодар

**Аннотация.** В статье рассмотрена система водоснабжения Тихорецкого района, были изучены протяженность водопроводных сетей.

**Ключевые слова:** водоснабжение, водопровод, эксплуатация, вода.

**Summary.** The article discusses the water supply system of the Tikhoretsk region, the length of the water supply networks was studied.

**Keywords:** water supply, water supply, operation, water.

В северо-восточной части Краснодарского края на территории в 1825,4 кв. км, расположен Тихорецкий район. Он рельеф представляет собой степную равнину на стыке Центрального и Восточного Кубанских районов, постепенно понижающуюся с юго-востока на северо-запад [1].

Среди полезных ископаемых особо можно отметить чистую питьевую воду, расположенную в водоносных горизонтах на глубине более 200 метров. В Тихорецком районе расположено множество водозаборных скважин. Геология местности представлена глинистыми породами с прослоями известняка.

В г. Тихорецке эксплуатируют систему централизованного водоснабжения, в которую входят сборные водоводы, магистральные, разводящие (уличные), внутриквартальные и внутри дворовые сети общей протяженностью 317 км.

Источником водоснабжения города служат подземные воды, добываемые с помощью артезианских скважин глубиной от 231 до 365 м, каптирующих водоносные горизонты средневерхнеплиоценовых и понтических отложений[2].

Источником водоснабжения являются подземные воды, добываемые из 140 водозаборных артезианских скважин, производственной мощностью 61,0 тыс.м<sup>3</sup>/сутки

В Тихорецком районе очистка сточных вод осуществляется биологическим и механическим методом. Сброс очищенных вод осуществляется в Тихорецком городском поселении в реку Челбас, в сельских поселениях в пруды накопители. Мощность канализационных насосных станций составляет 37,0 тыс.м<sup>3</sup> в сутки, в том числе сооружений механической очистки 25,0 тыс.м<sup>3</sup> в сутки. Фактическая загрузка 35% от установленной пропускной способности.

Коммунальное водопроводное хозяйство осуществляет забор, транспортировку и подачу питьевой воды 13 поселениям Тихорецкого района. [3]. Централизованные системы коммунального водоснабжения функционируют во всех 60-ти населенных пунктах района.

Степень обеспеченности холодным водоснабжением по Тихорецкому району составляет 100% [4].

В состав предприятия коммунального хозяйства оказывающего услуги водоснабжения входят:

- МУП ТГП ТР «Водоканал»;
- МУП «ЖКХ Архангельского сельского поселения»;
- МУП «ЖКХ Терновского сельского поселения»;
- ООО «Водоканал»;
- ООО «Энергосервис»;
- ООО «Ани»;
- филиал ОАО «РЖД» Северо-Кавказская железная дорога.

Для обеспечения потребителей Тихорецкого района услугами водоснабжения предприятиями КВХ эксплуатируется 1054,4 км водопроводных сетей [5].

Для развития системы водоснабжения осуществляются следующие виды деятельности:

- развитие водоснабжения и водоотведения в городе, внедрение передовых научно-технических достижений;
- добыча подземных вод[6];
- организация эксплуатации и ремонта оборудования водозаборных сооружений, очистных сооружений, ВНС, КНС, водопроводных и канализационных сетей в соответствии с Правилами технической эксплуатации;
- организация надзора за рациональным использованием воды;
- согласование технических условий на водоснабжение и канализаций;
- оказание услуг по обслуживанию и ремонту водопроводных и канализационных сетей.

Таблица 1 – Протяженность водопроводных сетей

| Наименование поселения                   | Протяженность водопроводных сетей (км) |
|--|--|
| Тихорецкое городское поселение           | 419,70                                 |
| Алексеевское сельское поселение          | 92,95                                  |
| Архангельское сельское поселение         | 85,30                                  |
| Братское сельское поселение              | 39,20                                  |
| Еремизино-Борисовское сельское поселение | 30,00                                  |
| Крутое сельское поселение                | 9,50                                   |
| Новорождественское сельское поселение    | 67,10                                  |
| Отраденское сельское поселение           | 30,20                                  |
| Парковское сельское поселение            | 67,00                                  |
| Терновское сельское поселение            | 63,60                                  |
| Хоперское сельское поселение             | 39,00                                  |
| Фастовецкое сельское поселение           | 73,80                                  |
| Юго-Северное сельское поселение          | 37,10                                  |

- монтаж и демонтаж артезианских скважин, наладка технологического оборудования;
- оказание услуг предприятиям и организациям по прочистке, промывке и ремонту инженерных сетей.и откачке сточной жидкости;
- капитальное строительство и реконструкция объектов предприятия;
- производство отдельных видов строительных материалов, конструкций и изделий;
- оказание транспортных услуг;
- перевозка опасных грузов;
- выполнение услуг по проектированию.

Таблица 2 – Инженерная инфраструктура, существующее состояние

| Наименование              | Водоснабжение                |
|---------------------------|------------------------------|
| Существующие мощности     | 61,0 тыс.м <sup>3</sup> /сут |
| Текущее потребление в год | 7 117,2 тыс.м <sup>3</sup>   |
| Резерв ресурса            | 33,5 тыс.м <sup>3</sup> /сут |

Сооружения водопровода на текущий момент обладают достаточной производительностью для обеспечения существующего объема водопотребления Тихорецкого района[7].

За последние пять лет на строительство водопроводов в Краснодарском крае было выделено около 1,5 млрд. рублей. Новые инженерные сети прокладывались вместо наиболее изношенных. Строительство объектов водоснабжения ведется и по нацпроекту «Экология». С 2015 года за счет края и муниципалитетов в регионе обновлено более 3,7 тыс. км водопроводных сетей.

Таблица 3 – Сооружения систем водоснабжения

| Скважины | Водонапорные башни |                         | Резервуары       |                         |
|----------|--------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
|          | Количество, штук   | Емкость, м <sup>3</sup> | Количество, штук | Емкость, м <sup>3</sup> |
| 140      | 81                 | 1 606                   | 9                | 10 475                  |

В рамках нацпроекта «Экология» реализуется региональный проект «Качество питьевой воды». Его цель – обеспечение населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, обеспеченность городов и станиц Кубани централизованным водоснабжением должна составить 94,5 процента, по отношению к другим регионам России это высокий показатель, целевой показатель к 2024 году должен составить 96,5 процента.

Для выполнения поставленных задач в срок до 2024 года из федерального бюджета будет выделено 2,6 млрд. рублей.

Проект «Чистая вода» рассчитан на очистку подаваемой воды, учитывающий такой показатель, как экономическая целесообразность. Там, где можно организовать от действующей станции очистки воды транспортировку по новым водоводам до потребителя без бурения скважин, без особого удорожания, принимая эти решения выполняем главную задачу – доставить людям качественную воду в том или ином населенном пункте.

### Литература

1. Состояние системы водоснабжения. – Режим доступа: <http://www.admin-tih.ru/organone/>
2. Соловьева, И.А. Использование вод поверхностных источников в целях водоснабжения в ст. Динской Краснодарского края/ И.А. Соловьева, В.И Орехова // Сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2017 год. – 2018. – С. 272-274.
3. Терещенко, С.И. Проблемы благоустройства прибрежных территорий пос. Бухта Инал Туапсинского района/ С.И Терещенко // Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. – 2017. – С. 1166-1167.
4. Чижевская, Н.А. Экологическое состояние Старотитаровского лимана/ Н.А. Чижевская // Сб.: Теория и практика современной аграрной науки : Сборник III

Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием. – 2020. – С. 597-599.

5. Чижевская, Н.А. Откачка из скважин и их назначения/ Н.А. Чижевская, В.А. Бабенко, В.И. Орехова // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 417-421.

6. Демьянов, С.И. Стратегия экологического развития сельских населенных мест Краснодарского края / С.И. Демьянов, О.В. Тесленко, В.И. Орехова // Сб.: Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. – 2020. – С. 88.

7. Гладущенко, Т.А. Эффективность работы инженерных коммуникаций Черноморской зоны Краснодарского края/ Т.А. Гладущенко, В.И. Орехова // Сб.: Горинские чтения. Наука молодых – инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. – 2019. – С. 56-57.

8. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шеремет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 365-369.

УДК628.1:504.4.062 (571.122)

## ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА

*С.Н. Соколов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО Нижневартровский ГУ, Нижневартовск*

**Аннотация.** Рассматривается система водоснабжения города Нижневартовска и ее проблемы. Централизованная система водоснабжения города обеспечивает питьевой водой практически всю территорию города. В качестве основного источника водоснабжения используется объединенный хозяйственно-питьевой и производственный водозабор на реке Вах. Главными проблемами водоснабжения являются: высокий износ сетей водоснабжения и насосного оборудования; увеличение гидравлических нагрузок за счёт нового строительства; отсутствие станции обезжелезивания подземных вод; отсутствие проектов санитарно-защитных зон водопроводных очистных сооружений; повышенные потери воды на собственные нужды станции при фильтрации и промывке; использование в технологии дезинфекции хлора; отсутствие регулирующей и низкое качество запорной арматуры; вторичное загрязнение и ухудшение качества воды вследствие внутренней коррозии металлических трубопроводов.

**Ключевые слова:** *система водоснабжения, Нижневартовск. водопроводные очистные сооружения.*

**Summary.** The article considers the water supply system of the city of Nizhnevartovsk and its problems. The centralized water supply system of the city provides drinking water to almost the entire territory of the city. The main source of water supply is the combined drinking and industrial water intake on the Vakh river. The main problems of water supply are: high wear of water supply networks and pumping equipment; increased hydraulic loads due to new construction; lack of underground water de-ironization station; lack of projects for sanitary protection zones of water treatment facilities; increased water losses for the station's own needs during filtration and flushing; use of chlorine in disinfection technology; lack of control and poor quality of shut-off valves; secondary contamination and deterioration of water quality due to internal corrosion of metal pipelines.

**Keywords:** *water supply system, Nizhnevartovsk. water treatment plants.*

Город Нижневартовск находится на правом берегу реки Обь на востоке Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в южном направлении от озера Самотлор – крупнейшего нефтяного месторождения России [1].

Централизованная система водоснабжения охватывает практически всю территорию городской зоны, включая промышленные узлы, расположенные в черте города (рисунок 1). Общая площадь, обеспечиваемая централизованной системой водоснабжения, составляет 4 643 Га. Протяженность водопроводных сетей города составляет 440,1 км, протяженность водоводов – 145,02 км, протяженность уличной водопроводной сети – 294,9 км [2].

В качестве основного источника водоснабжения Нижневартовска используется водозабор реки Вах, построенный в 1971 г. для обеспечения водой Самотлорского месторождения и города Нижневартовска. Производственная мощность водозабора составляет 144 тыс. м<sup>3</sup>/сутки [3]. По характеру водного режима река Вах и его притоки относятся к типу рек с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время. Основная функция водозабора на момент введения его в эксплуатацию – это подача воды для технологических нужд нефтедобывающей промышленности (90%). В связи с изменением технологий добычи нефти необходимость в больших объемах воды отпала.

Технологическая схема водоочистки определена в соответствии с классом источника водоснабжения, сценариями водопотребления населением и промышленностью Нижневартовска, существующими нормативно-правовыми документами, регулирующими отношения в сфере водоснабжения, а также действующими СанПиН [4].

Очистка воды осуществляется водопроводными очистными сооружениями ВОС-1 производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup>/сутки и ВОС-2 производительностью 93 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Наличие на ВОС-2 четырех резервуаров чистой воды общей емкостью 40 тыс.м<sup>3</sup> позволяет успешно сглаживать имеющуюся неравномерность потребления. Водопроводные очистные сооружения, расположены в северо-восточной части города, имеют обозначение "ВОС-2", включают в себя сооружения и оборудование для очистки технической воды, поставляемой с водозабора по центральным магистральным водоводам. Также на территории ВОС-2 расположена насосная станция, качающая очищенную питьевую воду из резервуаров чистой воды в центральную распределительную сеть. Давление на входе в ВОС-2 составляет порядка 4,8 атм. Потеря давления при транспортировке воды от водозабора до ВОС-2, по центральным магистральным водоводам, составляет порядка 2 атм. Фактическая производительность водоочистных сооружений составляет практически 55 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

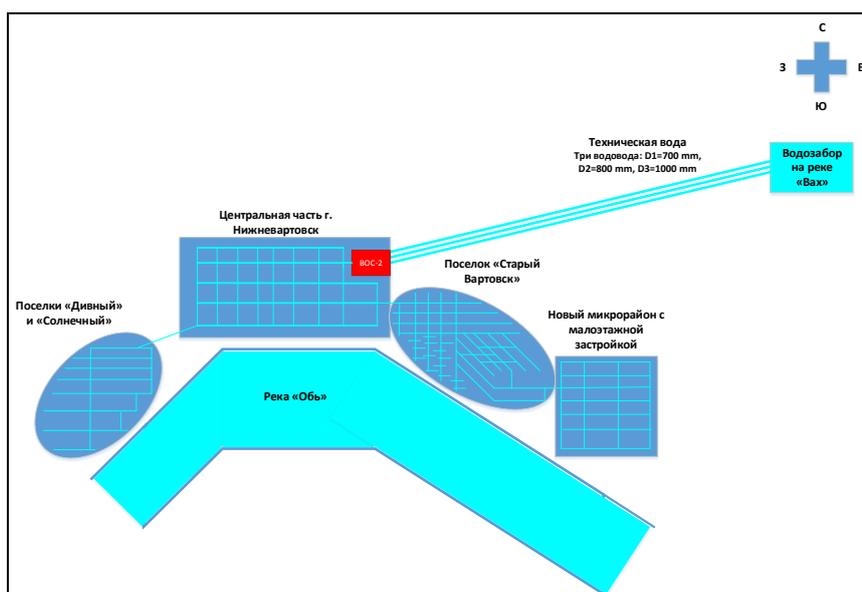


Рисунок 1 – Структура системы водоснабжения города Нижневартовска

Подаваемая на сооружения вода насосной станцией II подъема направляется в вертикальный смеситель и контактную камеру. В контактную камеру (в исходную воду) вводятся необходимые для обработки воды реагенты (хлор, коагулянт, сода, полиакриламид, аммиак, перманганат калия, триполифосфат натрия, известь, угольная пульпа). Затем вода подается в камеры хлопьеобразования со взвешенным осадком, встроенные в горизонтальные отстойники. Далее вода поступает на скорые фильтры. Отфильтрованная вода вторично обеззараживается и направляется в резервуары чистой воды.

Суточная неравномерность потребления питьевой воды минимальна в ночной период с 01.00 до 05.00 и усреднено составляет около 900 м<sup>3</sup>/ч. Максимальное потребление питьевой воды приходится на утренний период с 06.00 до 08.00 и усреднено составляет около 2 200 м<sup>3</sup>/ч, также пик потребления наблюдается в вечернее время с 20.00 до 22.00 и усреднено составляет около 2200 м<sup>3</sup>/ч. Наиболее стабильное потребление, близкое к подачи технической воды на ВОС-2, наблюдается в дневное время с 09.00 до 18.00 и усреднено составляет около 1950 м<sup>3</sup>/ч.

На водопроводных очистных сооружениях Нижневартовска в качестве основного реагента для очистки воды реки Вах используется сернокислый алюминий (СА), обеспечивающий достаточно стабильные показатели очищенной воды при невысоких эксплуатационных затратах. С 1990-х гг. на российском рынке получили распространение новые коагулянты – оксихлориды алюминия (ОХА), которые превосходят действующий коагулянт СА более широкой областью применения в интервале рН, возможностью использования при низких температурах воды, меньшими дозами при обработке и, соответственно, меньшими остаточными концентрациями алюминия в очищенной воде.

На основании анализа опыта применения процессов коагуляции воды с использованием ОХА в других регионах РФ в МУП «Горводоканал» внедряется усовершенствованный способ концентрированного коагулирования, основанный на применении высокоградиентного перемешивания раствора коагулянта с вспомогательного потоком воды и сжатым воздухом. Эффективность использования коагулянта при этом повышается за счет суммарного воздействия нескольких факторов – концентрированного коагулирования, быстрого и полного смешения коагулянта с водой, создания тонкодисперсной водовоздушной смеси. При этом в смесительном узле создаются благоприятные условия для проведения последующей эффективной очистки природных вод.

С 2016 г. в паводковый период вместо сернокислый алюминий используется ОХА (ЗАО «Сибресурс» г. Новосибирска), применяемые дозы 7-13 мг/л. который поставляется из Новосибирска в железнодорожных цистернах. Раствор 20% концентрации сливается в два бака-хранилища, из них по мере необходимости перекачивается в два расходных бака, где разбавляется до рабочей концентрации. Затем раствор рабочей концентрации химическими насосами Х 50-32 (2 шт.) подается к дозаторам PROMAG, установленным на дозировочном столе, и далее к месту ввода в контактную камеру.

Проблемы:

- 1) повышенные потери воды на собственные нужды станции при фильтрации и промывке;
- 2) отсутствие станции обезжелезивания подземных вод.
- 3) отсутствие проектов санитарно-защитных зон ВОС-1, ВОС-2;
- 4) высокий износ сетей водоснабжения составляет 37%, особенно в 3, 4, 6 микрорайонах и в поселке Старый Вартовск, а также на улице Ханты-Мансийской;
- 5) высокая степень износа насосного оборудования.
- 6) увеличение гидравлических нагрузок за счёт нового строительства;
- 7) вторичное загрязнение и ухудшение качества воды вследствие внутренней коррозии металлических трубопроводов;
- 8) использование в технологии дезинфекции хлора.
- 9) отсутствие регулирующей и низкое качество запорной арматуры.

## Литература

1. Соколов, С.Н. История формирования города Нижневартовска/ // Северный регион: наука, образование, культура. – 2017. – № 2 (36). – С. 75-80.
2. Горводоканал г. Нижневартовска. – Режим доступа: <http://gorvod.ru/about/history>
3. Козелкова, Е.Н. Анализ химических показателей для геоэкологической оценки природных вод (на примере реки Вах)/ Е.Н. Козелкова, А.Ф. Васикова. – Режим доступа: <https://www.sworld.com.ua/simpoz4/126.pdf>
4. СанПиН 2.1.4.1074– 01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». М., 2001. – 14 с.
5. Гидротехнические сооружения: виды и классификация / И.В. Шермет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, 2018. С. 365-369.
6. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

УДК 631.453

### РОЛЬ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА, ЭКОНОМИКИ И ЭКОЛОГИИ

*А.А. Стич<sup>1</sup>, А.С. Улесов<sup>1</sup>, Е.С. Цедрик<sup>1</sup>, А.А. Гуцалова<sup>1</sup>, С.В. Вихман<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО СПбГТИ (ТУ), г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** Вода – это важный критерий, как и для выживания человека, так и для экономического развития страны, она имеет фундаментальное значение для устойчивой экосистемы Земли, которая не функционирует без достаточного количества воды подходящего качества.

**Ключевые слова:** вода, водоснабжение, здоровье человека, экономика, экология.

**Summary.** Water is an important criterion, both for human survival and for the economic development of a country, it is fundamental for a sustainable Earth ecosystem that does not function without sufficient water of suitable quality.

**Keywords:** water, water supply, human health, economics, ecology.

В настоящее время остро стоит проблема рационального использования воды, водоснабжения в засушливые районы планеты, экологические воздействия загрязнителей воды так же оказывают неблагоприятный эффект [1].

Увеличенные сбросы неочищенных сточных вод в сочетании с сельскохозяйственными стоками и недостаточно очищенными промышленными сточными водами привели часто попадают в окружающую среду без очистки или недостаточной очистки, что приводит к серьезным последствиям для поверхностных вод и связанных с ними экосистем, а также экономической деятельности, в которой используются эти ресурсы – 4].

Однако помимо влияния промышленности на качество воды, не стоит забывать об изменении климата, оказывающее большое влияние на огромные части территории суши. Нехватка воды особенно важна в полузасушливых регионах Средиземноморья и в других

регионах Земли, где спрос на воду приближается или даже превышает доступность воды. Две трети населения мира в настоящее время проживает в районах, испытывающих нехватку воды не менее одного месяца в году, а это означает, что около 500 миллионов человек проживают в районах, где потребление воды превышает водные ресурсы, возобновляемые на местном уровне, в два раза [5].

Если не предпринимать советующие меры, то качество воды будет продолжать ухудшаться, количество уменьшаться, особенно в засушливых районах. В результате это еще больше подвергнет опасности здоровье человека и экосистемы, а также устойчивое экономическое развитие.

Управление водоснабжением – один из важнейших элементов экологической, социальной и экономической политики любой страны [6]. Предоставление таких услуг, как: водоснабжения, канализации и очистки сточных вод приносит существенные выгоды, как и для здоровья населения, так и для экономики и окружающей среды. Примерно 10% глобального бремени болезней во всем мире можно предотвратить с помощью улучшений в области водоснабжения, санитарии и гигиены, а также лучшего управления водными ресурсами во всем мире. Например, известны результаты анализа 144 исследований по влиянию улучшенных систем водоснабжения и санитарии на инфекционные заболевания, результаты которого показали, что улучшение одного или нескольких компонентов водоснабжения и санитарии может существенно снизить уровень заболеваемости и тяжести всех исследуемых заболеваний [7].

Не стоит забывать о том, что водоснабжение играет определяющую роль в сельском хозяйстве: сельскохозяйственный сектор на сегодняшний день является крупнейшим потребителем воды в мире. На основе безвозвратного использования 80–90% всей воды потребляется в сельском хозяйстве. К сожалению, эффективность водопользования в этом секторе очень низкая и не превышает 45% при потерях воды более 50% [8].

Для таких стран, которые бедны запасами воды, и не только питьевой, стоит острый вопрос о том, можно ли предсказать водный кризис, можно ли повторно использовать воду, а также создание технологии очистки воды.

Сейчас ведутся большие работы для улучшения водоснабжения как в больших городах, так и в сельской местности. Важным моментом является грамотное регулирование воды в промышленном хозяйстве, в сельском хозяйстве, что является неотъемлемой частью экономики и развитию государства.

Преимущества услуг водоснабжения редко рассматриваются по ряду причин, например, неэкономические выгоды, так как трудно измерить количественно, однако которые имеют высокую ценность для заинтересованных лиц и общества.

Технологии повторного использования воды решают большие проблемы, связанные с водными ресурсами и создавая новые источники высококачественной воды. Будущий потенциал переработанных очищенных сточных вод огромен, несмотря на то, что повторное использование воды практикуется во многих странах. Однако уровень повторного использования составляет малую часть от общего объема образующихся все различных сточных вод [9]. Поэтому текущей тенденцией качества сточных вод является устранение возникающих загрязняющих веществ.

Существует процесс очистки сточных вод на основе микроводорослей, который показал возможность удовлетворить новый спрос на улучшенную очистку сточных вод. Тем не менее, есть одна из проблем данного способа очистки, является сложность характеристик сточных вод и приспособляемостью различных видов микроводорослей. Другая проблема, связана с проектированием и оптимизацией процессов очистки для достижения более высокой эффективности удаления при меньших затратах, все еще необходимы дальнейшие исследования и исследования [10].

В настоящее время одним из основных объектов исследований, которые касаются контроля качества воды, является содержание сложных молекул. Такие вещества, как органические микрозагрязнители, наноматериалы, побочные продукты дезинфекции все

чаще обнаруживаются в очищенных сточных водах. А это в свою очередь может на здоровье людей и животных, а также на окружающую среду в целом может вызывать эффекты, в большинстве случаев неизвестные [11]. Таким образом, использование передовых методов очистки сточных вод, повторное использование питьевой воды, пополнение подземных вод, увеличение использования «альтернативных источников», восстановление окружающей среды или природных систем. Повышение продуктивности использования воды имеет ключевое значение для производства продуктов питания, борьбы с бедностью, уменьшения конкуренции за воду и обеспечения достаточного количества воды для природы.

### Литература

1. Connor, Jeffery D. Irrigated agriculture and climate change: The influence of water supply variability and salinity on adaptation/ Jeffery D. Connor, Darran King Keith Knapp// Ecological Economics. – 2012. – Volume 77. – Pp. 149-157.
2. Petrovic, M. Combined scenarios of chemical and ecological quality under water scarcity in Mediterranean rivers/ M. Petrovic, A. Ginebreda, V. Acuna, R.J. Batalla, A. Elosegi, H. Guasch // Trac Trends Anal Chem. – 2012. – № 30. – Pp. 1269-1278.
3. Benefits of investing in water and sanitation: an OECD perspective. – 2011.
4. Ludwig, R. Towards an inter-disciplinary research agenda on climate change, water and security in southern Europe and neighboring countries/ R. Ludwig, R. Roson, C. Zografos, G. Kallis Environ Sci Pol. – 2011. – № 14. – Pp. 794-803.
5. Piasecki, A. Water and Sewage Management Issues in Rural Poland/ A. Piasecki // Water Allocation in Rural Area: Economic Influences and Better Management. – 2019.
6. UNEP Water security and ecosystem services the critical connection A Contribution to the United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). – Nairobi, Kenya, 2009.
7. Esrey, S. A., Potash, J. B., Roberts, L., Shiff, C. WASH Technical Report/ S.A. Esrey, J.B. Potash, L. Roberts, C. Shiff. United States Agency for International Development. – 1990. – № 66. – P.83.
8. Hamdy, A. Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity/ A. Hamdy, R. Ragab, Elisa Scarascia-Mugnozza. – 2003. – P. 122.
9. G. Wade Miller. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs/ G. Wade Miller. Desalination, 2006. – P. 65-75.
10. Li, K. Microalgae-based wastewater treatment for nutrients recovery: A review/ Kun Li, Qian Liu, Fan Fang // Bioresource Technology. – 2019. – Volume 291. – P. 121.
11. Salgot, M. Montserrat Folch. Wastewater treatment and water reuse/ M. Salgot, M. Folch // Current Opinion in Environmental Science & Health. – 2018. – Volume 2. – Pp. 64-74.
12. Экологическое ресурсоведение/ Е.С. Иванов, В.В. Чёрная, Д.В. Виноградов и др. – Рязань, 2018. – 514 с.

УДК 628.3

### ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*В.А. Супрун<sup>1</sup>, М.А. Ширяева<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ, г. Москва

**Аннотация.** Одним из способов улучшения экологической обстановки является технология повторного использования засоленной дренажно-сбросной воды. Чтобы разработать эту технологию необходимо провести лабораторные исследования для изучения поглощения солей сорбентом. Объектом исследования являлись природные минеральные сорбенты. Цель

работы – оценка сорбционной способности и определение статистической емкости сорбентов.

**Ключевые слова:** засоление, дренажный сток, водные ресурсы, загрязнение вод, минеральные сорбенты, мелиоративные мероприятия.

**Summary.** one of the ways to improve the environmental situation is the technology of re-use of saline drainage and discharge water. To develop this technology, it is necessary to conduct laboratory studies to study the absorption of salts by the sorbent. The object of research was natural mineral sorbents. The purpose of this work is to assess the sorption capacity and determine the statistical capacity of sorbents.

**Key words:** salinization, drainage runoff, water resources, water pollution, mineral sorbents, reclamation measures.

Актуальность разработки и применения новых технологий очистки воды сегодня определяется снижением запасов пресной воды и ухудшением ее качества, усиливающимся влиянием на гидросферу как климатических, так и антропогенных факторов. Среди существующих методов водоочистки сорбционный способ является одним из самых распространенных. Данная процедура относится к эффективным способам глубокой очистки, позволяющим убрать примеси и химические соединения посредством связывания частиц на молекулярном уровне. Уникальность такой фильтрации состоит в возможности удалить из воды органику, не поддающуюся отделению другим образом [1]. Сорбционный метод очистки воды с использованием высокоактивных сорбентов позволяет получить жидкость, в которой почти нет остаточного концентрата. Высокая активность сорбентов делает возможным взаимодействие с веществами, независимо от их концентрации: даже при малых дозах вредных примесей этот способ будет работать [2].

Объектом исследования являлись природные минеральные вещества, обладающие сорбционными свойствами и перспективные в области применения процессов очистки сточных вод.

Цель работы заключалась в экспериментальной оценке сорбционной способности вышеуказанных материалов путем определения из статистической емкости.

Для достижения указанной цели необходимо было решить задачи:

- 1) изучить механизм сорбции выбранных веществ;
- 2) определить их поглотительную способность в статических условиях.

При выборе фильтрующих материалов учитывались их механизм сорбции и поглотительная способность вещества, а также невысокая стоимость, сохранение свойств при температурных колебаниях в интервале от 0 до +50°C, возможность переработки после использования, отсутствие отрицательного воздействия на окружающую среду [3]. В качестве материала были выбраны комплексные природные сорбенты: цеолит, агроионит, вермикулит, диатомит пищевой и промышленный, перлит агротехнический. Основные физические показатели сорбентов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели зернистых природных сорбентов

| Сорбент    | Плотность г/см | Пористость, % |
|------------|----------------|---------------|
| цеолит     | 2,18–2,5       | 45–50         |
| агроионит  | 1,10–1,38      | 85–90         |
| диатомит   | 0,38–1         | 80–85         |
| перлит     | 0,15–0,20      | 55–60         |
| вермикулит | 2,40–2,75      | 50–55         |

Цеолит характеризуется трёхмерным алюмосиликатным каркасом с тетраэдрической структурой. Гидратированные ионы щелочноземельных металлов находятся в порах (пустотах) каркаса, положительно заряжены. Механизм сорбции заключается в хемосорбции.

«Агроионит», разработанный ООО «Технопарк» на основе глауконитовых песков. «Агроионит» представляет собой природный минеральный комплекс алюмосиликатов группы глауконитов глинистых минералов группы монтмориллонитов. Он имеет слоистую структуру и обладает большой удельной поверхностью, хорошими сорбционными, ионообменными и буферными свойствами, сорбированные поллютанты прочно закрепляются и в дальнейшем не поступают в окружающую среду.

Агроионит можно применять в диапазоне pH от 3,5 до 10, т.е. работа сорбента будет эффективна как в кислой среде, так и в щелочной. Сорбент способен поглощать из растворов электролитов (солей, щелочей, кислот) катионы, выделяя в раствор количество других ионов, положительно заряженных. Благодаря плотной структурной сетке с окнами размера от 2 до 5 нм и избирательной сорбции, которые могут пройти в эти окна, получили название ионитовое сито. Поглощение происходит только малых ионов, исключение крупных, диффузия которых сквозь структурную сетку сорбента затруднена. Данный сорбент может использоваться для ликвидации загрязнения вод. Механизм сорбции – физико-химическое поглощение [4].

Диатомит – природный материал, состоящий из отложений кремнезёмных панцирей диатомовых водорослей. Механизм сорбции- физическое поглощение. Благодаря высокопористой микроструктуре гранулы улучшают аэрацию почвы, сберегают влагу и питают ею растения в засушливый период. Для лабораторных исследований использовались два вида порошкового диатомита производственной компании «Квант» с разных месторождений, а именно: диатомит NDP-600, это мелкодисперсный порошок используемый в основном для обеспечения прозрачности фильтрата в пищевой промышленности и диатомит NDP-D-280, это сверхтонкий порошок используется в животноводстве в качестве адсорбента микротоксинов [5].

Перлит – порода вулканического происхождения. Перлит сыпучий, пористый, рыхлый, лёгкий. Обладает тепло и звукоизолирующими свойствами, высокой поглотительной способностью, биологически стойкий. Основными компонентами перлита являются:  $\text{SiO}_2$  (65-75%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10-16%),  $\text{K}_2\text{O}$  (до 5%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (до 4%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (1-6%). Структура вспученного перлита определяет его физическую поглотительную способность [6].

Вермикулит – тепло и звукоизолятор, инертный к органическим веществам. Вермикулит способен сорбировать тяжелые металлы за счет физического поглощения, а также вбирать в себя излишки питательных веществ, удобрений, влаги, а после при уменьшении их концентрации в почве постепенно их отдавать. Для выбора эффективных сорбентов и обоснования его количества были проведены теоретические и лабораторные исследования. Исследования проводились в лабораторных условиях в 2-х кратной повторности по каждому образцу сорбента. В ёмкости с модельными растворами по 300 мл помещали навески сорбентов. Вода, смоделированная для проведения статического анализа, была трех уровней засоления 3,1 г/л, 5г/л, 7 г/л и имела следующий состав: при общей минерализации 3,1 г/л:  $\text{NaCl}$  – 1,55 г/л  $\text{K}_2\text{SO}_4$  – 1,55 г/л; при общей минерализации 5г/л:  $\text{NaCl}$  – 2,5 г/л  $\text{K}_2\text{SO}_4$ – 2,5 г/л; при общей минерализации 7г/л:  $\text{NaCl}$ - 3,5 г/л  $\text{K}_2\text{SO}_4$ – 3,5 г/л. Состав периодически перемешивали, пробы фильтровали через бумажный фильтр, и в фильтрате определяли остаточные концентрации солей [7]. Замеры проводились с помощью кондуктометра HI 8733 производителя HANNA. Результаты замеров представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели изменения минерализации в статических условиях

| Сорбент                            | Агроионит  |     |     | Перлит агротехнический |     |     | Диатомит NDP-600 |     |     | Диатомит NDP-D-280 |     |     | Вермикулит |     |     | Цеолит |     |     |
|------------------------------------|--|-----|-----|------------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|--------------------|-----|-----|------------|-----|-----|--------|-----|-----|
|                                    | 3,1  | 5   | 7   | 3,1                    | 5   | 7   | 3,1              | 5   | 7   | 3,1                | 5   | 7   | 3,1        | 5   | 7   | 3,1    | 5   | 7   |
| Общая минерализация раствора (г/л) | 3,1  | 5   | 7   | 3,1                    | 5   | 7   | 3,1              | 5   | 7   | 3,1                | 5   | 7   | 3,1        | 5   | 7   | 3,1    | 5   | 7   |
| Время (т)                          | Показатели общей минерализации кондуктометра HI 8733 производителя HANNA (г/л) |     |     |                        |     |     |                  |     |     |                    |     |     |            |     |     |        |     |     |
| 5 мин                              | 4  | 6,2 | 7,9 | 3,2                    | 5   | 6,8 | 3,7              | 5,6 | 7,4 | 3,6                | 5,4 | 7,2 | 3,5        | 5   | 6,8 | 4      | 6   | 8,3 |
| 10 мин                             | 3,9  | 6   | 7,8 | 2,8                    | 4,5 | 6,6 | 3,2              | 5,5 | 7,2 | 3,3                | 5,2 | 6,4 | 3,4        | 4,9 | 6,8 | 3,9    | 5,8 | 7,4 |
| 20 мин                             | 3,8  | 6   | 7,8 | 2,9                    | 4,6 | 5,6 | 3,3              | 5,2 | 7,2 | 3,5                | 5,3 | 6,4 | 3,4        | 4,7 | 6,8 | 3,8    | 5,6 | 7,3 |
| 30 мин                             | 3,5  | 5,3 | 7,6 | 3,2                    | 4,8 | 6,5 | 3,6              | 5,1 | 7,1 | 3,3                | 5,2 | 7,1 | 3,2        | 5   | 6,9 | 3,6    | 5,7 | 7,1 |
| 1 час                              | 3,4  | 5,1 | 7,1 | 2,7                    | 5   | 5,8 | 3,2              | 5   | 7   | 3,1                | 5,1 | 7,6 | 3,3        | 5,1 | 6,4 | 3,5    | 5,3 | 7,3 |
| 2 часа                             | 3,2  | 4,9 | 6,1 | 2,9                    | 5,1 | 5,7 | 3,6              | 4,9 | 6,9 | 3,9                | 5,6 | 7,8 | 2,8        | 4,8 | 6,9 | 3,2    | 5,4 | 6,9 |
| 24 часа                            | 3,1  | 4,8 | 6,3 | 3                      | 5   | 6,1 | 3,2              | 4,7 | 7   | 3,3                | 5,5 | 7,3 | 3,5        | 5,5 | 8   | 2,9    | 4,8 | 6,7 |
| 48 часа                            | 3  | 4,7 | 6,1 | 2,5                    | 4,6 | 5,6 | 3,2              | 4,8 | 6,9 | 3,4                | 5,4 | 7,6 | 3,3        | 5,1 | 7,3 | 3      | 5   | 6,8 |

Результаты расчёта величины сорбции показали, что минимальная сорбция наблюдалась у раствора с вермикулитом (от 2,6 до 22,8%) и цеолита (от 29,3 до 59%). Высокая эффективность сорбции наблюдалась у агроионита, перлита и диатомита NDP-600 (61,5–89,1% поглощения).

Таким образом, по результатам лабораторных исследований были обоснованы сорбционные материалы, которые поглощают минеральные вещества и кондиционируют воду. Для детализации данных и последующей разработки технологии необходимо провести серию натурных опытов по изучению солепоглащающей способности для подбора наиболее подходящего сорбента для деминерализации и очистки сбросной воды с рисовой оросительной системы в Сарпинской низменности.

### Литература

1. Романова, О.А. Очищение природными средствами. Натуральные сорбенты/О.А. Романова. – М. : Вектор, 2009. – 493 с.
2. Комплексная переработка минерализованных вод/ А.Т. Пилипенко, И.Г. Вахнин, И.Т. Горонковский и др. – Киев : Наук. Думка, 1984. – 284 с.
3. Пособие по очистке и утилизации дренажно-сбросных вод. – М. : РАСХН 1999.– 68 с.
4. Кирейчева Л.В., Титов А.В. Исследование детоксикации грунта полигона твердых коммунальных отходов сорбентом «Агроионит»/ Л.В. Кирейчева, А.В. Титов // Экология и промышленность России. – 2019. – № 23(3). – С. 26-30.
5. Новиков, Ю.Ю. Методы исследования качества воды водоемов/ Ю.Ю. Новиков. – М. : Медицина, 1990.
6. Мелиоративная энциклопедия. Т.2 (К-П) – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 693 с.

7. Парфенова, Н.И. Методика анализа гидрохимического режима грунтовых вод в связи сегопрогнозом при орошении/ Н.И. Парфенова. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1971. – 155 с.
8. Виноградов, Д.В. Экологические аспекты охраны окружающей среды и рационального природопользования/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев. – Москва, 2017. – 128 с.
9. Экологическое ресурсосведение/ Е.С. Иванов, В.В. Чёрная, Д.В. Виноградов и др. – Рязань, 2018. 514 с.

УДК628.14

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКИ И ВСПЛЫВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

*Т.С. Ткач<sup>1</sup>, А.С. Попов<sup>1</sup>, И.В. Шерemet<sup>1</sup>, А.М. Ашарина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлены формулы расчета осадки торфяных почв в зависимости от степени предварительного осушения, естественного сложения и объема их твердой фазы. Также произведена оценка возможности всплывания торфяных почв.

**Ключевые слова:** почва, торф, гидротехническое строительство, осадка, осушение.

**Summary.** The article presents formulas for calculating the precipitation of peat soils depending on the degree of preliminary drainage, natural composition and volume of their solid phase. The possibility of surfacing of peat soils was also evaluated.

**Keywords:** soil, peat, hydraulic engineering, sediment, drainage.

Органогенные почвы при гидротехническом строительстве подвергаются интенсивной трансформации [1, 2]. Удаление воды в результате дренажа вызывает механическую осадку, уплотнение торфа, резкое уменьшение объема крупных пор и абсолютное уменьшение мощности органогенной толщи. С другой стороны, при затоплении территории, например осушаемых почв в поймах рек или ложа водохранилищ, в определенных гидрологических, гидрогеологических и почвенных условиях торфяная залежь отрывается от минерального дна и всплывает. Нередко поля всплывшего торфа имеют значительную площадь (до 0,25 ... 1,0 га и более), они существенно затрудняют использование осушаемых земель и акватории водохранилищ, а также работу ГЭС, ухудшают качество воды, транспортные, водоохраные условия, отрицательно влияют на рыбное хозяйство [3, 4].

Осадку торфа и вероятность всплывания можно своевременно прогнозировать при мелиоративном (гидротехническом) проектировании.

Осадку торфяных почв при дренаже. Мощность торфяной залежи после дренажа уменьшается под действием трех факторов [5]:

- 1) механической осадки торфа, обусловленной сбросом воды, заполняющей поры органической почвы. Абсолютная масса органического вещества при этом не меняется;
- 2) биохимического разложения химического окисления торфа до газообразных и жидких окислов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  и др.), приводящих к абсолютному сокращению запасов органического вещества;
- 3) эрозии торфяной залежи и ее сработки в результате пожаров [6].

Два последних фактора приводят к абсолютной потере торфа, его исчезновению. Поэтому их влияние особенно опасно.

Темпы сокращения мощности торфа под влиянием этих трех факторов различны.

Механическая осадка происходит быстро и ее роль в дальнейшем сокращении мощности торфа невелика [7].

Биохимическое разложение и химическое окисление действуют непрерывно и их влияние на уменьшение мощности торфяной почвы зависит от зональных и провинциальных условий, способа осушения и характера сельскохозяйственного использования почв. Чем глубже урони грунтовых вод, тем интенсивнее протекает процесс разложения торфа, тем благоприятнее условия для эрозии, пожаров и других неблагоприятных явлений на осушаемой территории.

На Севере и в северо-восточных районах страны темпы разложения торфа невелики, но в основных сельскохозяйственных районах Нечерноземной зоны они достигают 1 ... 4 см в год. Наиболее активно протекает биохимическое разрушение торфяных почв в лесостепной и южной тайге при их использовании в полевых и особенно пропашных севооборотах. Уменьшение темпов биохимического (и эрозионного) разложения и сработки торфяных почв может быть достигнуто путем сохранения на мелиорируемом массиве водного режима лугового типа и использования торфяных почв под сенокосы, лугопастбищные севообороты (при  $T < 1,5 \dots 2$  м) или под травопольные севообороты (при  $T > 2$  м) с последующим вовлечением торфяных почв (по мере сработки торфа) в луговые и лугопастбищные угодья. Поддержание режима лугового типа на дренированных торфяных почвах практически подразумевает создание такого режима грунтовых вод, при котором горизонты профиля постоянно находятся в зоне капиллярной каймы. Важнейшая задача этих мероприятий заключается в поддержании баланса углерода в осушаемых торфяных почвах [8].

Расчет механической осадки торфа, обусловленной сбросом гравитационной воды, может быть выполнен по формуле Зегеберга:

$$S = a(0,08 T + 0,066), \quad (1)$$

где  $S$  – осадка, м ;

$a$  – фактор естественной плотности торфа;  $T$  – мощность торфа, м.

В таблице 1 приведены данные, отражающие зависимость между осадкой торфа, предварительным осушением, сложением и другими свойствами органогенных почв.

Таблица 1 – Формулы расчета осадки торфяных почв в зависимости от степени предварительного осушения, естественного сложения и объема их твердой фазы

| Оценка предварительного осушения (в натуре) | Сложения торфа  | Объем твердой фазы, % | Фактор $a$ в формуле (1) | Формула осадки     |
|---|-----------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| Нет   | Почти плавающий | <3                    | 4,00                     | $S = 0,32T + 0,26$ |
| Очень слабая                                | Рыхлый          | 3 ... 5               | 2,85                     | $S = 0,23T + 0,18$ |
| Слабая – средняя                            | Едва рыхлый     | 5 ... 7,5             | 2,00                     | $S = 0,16T + 0,13$ |
| Средняя – хорошая                           | Слабоплотный    | 7,5...12              | 1,4                      | $S = 0,11T + 0,10$ |
| Интенсивная и длительная                    | Плотный         | >12                   | 1,0                      | $S = 0,08T + 0,07$ |

Оценка возможности всплывания торфяных почв при затоплении по Богдановской-Гиенэф, Бирюковой и Таруниной. Всплывание торфяных почв и залежей обычно происходит при затоплении акватории водохранилищ в лесной зоне [9]. Реже это явление наблюдается в поймах после осушения органогенных почв. При изысканиях для гидротехнического строительства необходимо оценить возможность всплывания торфа при затоплении.

Наиболее активно торф всплывает в прибрежной мелководной зоне со слоем затопления до 3 м. В мелководной зоне всплывает торфяная залежь верхового, переходного и низинного типов, топяного, лесо-топяного и очень редко лесного подтипов.

В зоне средних глубин (3 ... 7 м) всплывает залежь, имеющая сверху топяные слаборазложившиеся виды торфа (степень разложения до 20 ... 25%) мощностью не менее 0, 75 м или шейхцериевые торфа со средней степенью разложения (Бирюкова, Тарунина. 1967).

Такие торфа всплывают обычно летом, когда усиливается жизнедеятельность микроорганизмов, увеличивается выделение газов в толще затопленного торфа и уменьшается его объемная масса.

Толща всплывавшего торфа выделяет в 2 ...3 раза больше газа, чем не всплывшая. Выделение газа увеличивается в 1,5 ... 2 раза, если растительные остатки шейхцерии в торфе составляют 40% и более.

Хорошо разложившиеся торфа всплывают только в промерзшем состоянии. Промерзание снижает объемную массу торфа на 8 ... 10% и происходит главным образом зимой при сработке водохранилищ [10]. Во время весеннего подъема воды наличие не оттаявшего слоя может привести к отрыву и всплыванию всей толщи залежи или ее части.

Всплывание торфа начинается в первую очередь там, где сцепление торфа с минеральным дном болота ослаблено или отсутствует. Такие участки – очаги всплывания торфа – обычно встречаются в местах выкливания грунтовых вод, выхода водных линз и жил, на контакте торфа и ила. Поднимаясь, они увлекают вверх всю массу торфа (Богдановская-Гиенэф, 1959). Всплывание торфа нередко приводит к появлению на акватории водохранилищ огромных плавающих островов торфа. Мощность всплывавшего торфа может быть различной – от 0,25 до 3,50 м. Чаше, однако, она равна 0,8 ... 1.0 м.

В зависимости от интенсивности всплывания торфа на акватории затапливаемой территории может быть выделено четыре батиметрические зоны (Бирюкова, Тарунина, 1967): первая (изобаты 0,5 ... 3,0 м) – зона активного всплывания торфа; вторая (изобаты 3,0 ... 5,0 м) – зона замедленного всплывания; третья (изобаты 5,0 ... 7,0 м) – зона слабого всплывания; четвертая (>7,0 м) – зона, в пределах которой всплывание торфа не происходит.

Удаление верхнего деятельного слоя торфяных почв мощностью 20 см в 1,5 ... 2 раза уменьшает выделение газа в затопленном слое и угрозу всплывания.

## Литература

1. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шермет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2019. – С. 365-369.
2. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2018. – С.323-326.
3. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, 2020. – С. 395-401.
4. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива / А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С.64-68.
5. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. –2020. – С. 353-357.
6. Техничко-экономическое обоснование возведения насыпи на слабом основании/ В.С. Пыжов, Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина и др. // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 391-395.
7. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных

дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – № 2 (9). – С. 98-102.

8. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 36-41.

9. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

10. Гаврилина, О.П. Технология водоподачи из каналов и водоемов с обоснованием параметров и режимов работы стабилизатора расхода воды : дис. ... канд. техн. наук/ О.П. Гаврилина. – Рязань, 2009. – 190 с.

11. Захарова О.А. Современное состояние мелиоративного объекта Тинки-П на территории Рязанской Мещеры/ О.А. Захарова // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, 2019. – С. 48-52.

12. Запас органического вещества торфяных почв мелиоративных объектов Рязанской Мещеры/ О.А. Захарова, Ф.А. Мусаев, Н.И. Морозова, К.Н. Евсенкин // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции, 2019. – С. 452-455.

13. Планирование природоохранных мероприятий по защите почв и водных ресурсов при комплексной реконструкции ирригационных систем/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин, И.В. Сатункин // Сб.: Экономико-правовые и экологические проблемы землепользования в условиях рыночной экономики России и стран СНГ (методология, теория и практика хозяйствования) : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 149-156.

14. Мониторинг антропогенных изменений окружающей среды/ Л.Н. Хилько, Г.В. Соболин, И.В. Сатункин и др. // Сб.: Проблемы устойчивости биоресурсов: теория и практика : Материалы 2 Российской научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ, Администрация Оренбургской области, ФГОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». – 2005. – С. 87-89.

15. Экология и мониторинг окружающей среды/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 166-169.

**УДК627.83**

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ РАКИТНОЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

*А.Н. Худякова<sup>1</sup>, С.А. Сибирцев<sup>1</sup>, Д.В. Колошеин<sup>1</sup>, С.Г. Малюгин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Осушительные системы по характеру воздействия на водный режим осушаемой территории делят на системы одностороннего действия (сеть построена только для отвода избыточной воды) и двустороннего действия (осушительно-увлажнительные сети). В статье представлен проект реконструкции осушительной системы, определена примерная периодичность капитального ремонта.

**Ключевые слова:** осушительная система, реконструкция, ремонт, гидротехнические сооружения.

**Summary.** According to the nature of the impact on the water regime of the drained territory, drainage systems are divided into one-way systems (the network is built only for the removal of excess water) and two-way systems (drainage and humidification networks). The article presents a project for the reconstruction of the drainage system, the approximate frequency of major repairs is determined.

**Keywords:** drainage system, reconstruction, repair, hydraulic structures.

Осушительная система представляет собой комплекс инженерных сооружений, создающих необходимые условия для улучшения водного режима переувлажненных земель [1, 2].

В состав осушительной системы входят: регулирующая, ограждающая и проводящая сети, водоприемник, гидротехнические сооружения, дорожная сеть, лесополосы, эксплуатационная сеть.

Регулирующая сеть служит для сбора и удаления с территории избыточных поверхностных и грунтовых вод, которые являются причиной переувлажнения территории.

Ограждающая сеть предназначена для защиты осушаемой территории от поверхностных или грунтовых вод, притекающих извне. При склоновом и намывном ТВП ограждающая сеть выполняет функции регулирующей [3, 4].

Проводящая сеть связывает регулирующую и ограждающую сети с водоприемником, транспортирует воду за пределы осушаемой территории.

Водоприемник служит для приема воды, собираемой с осушаемой территории.

Гидротехнические сооружения (шлюзы, перепады, смотровые колодцы и др.) предназначены для управления потоком воды при ее отводе или перераспределении.

Дорожная сеть (дороги, проезды, мосты и др.) служат для беспрепятственного передвижения транспорта и сельскохозяйственных машин по осушаемой территории.

Лесополосы регулируют микроклимат на полях, препятствуют ветровой эрозии.

Эксплуатационная сеть используется для контроля и надзора за работой всех звеньев осушительной системы и обеспечения бесперебойной ее работы.

Осушительные системы делятся на два типа [5, 6]:

- 1) открытые (регулирующая сеть – открытые каналы);
- 2) закрытые (регулирующая сеть представлена закрытыми дренами).

Крупные проводящие и ограждающие каналы в обоих случаях открытые. Открытые системы применяют при предварительном осушении болот, при осушении лесов и малопродуктивных сенокосов. Их основной недостаток состоит в том, что каналы создают препятствия для механизации сельскохозяйственных работ, снижают КЗИ, требуют постоянного ухода.

Закрытые осушительные системы технически более совершенны, долговечны, не имеют недостатков открытых систем, но строительство их обходится дороже.

По способу отвода воды осушительные системы разделяют на самотечные и с машинным водоподъемом. В самотечных системах вода из проводящей сети отводится в водоприемник по уклону русла. В системах с машинным водоподъемом воду из каналов проводящей сети откачивают в водоприемник насосами [7].

Осушительные системы по характеру воздействия на водный режим осушаемой территории делят на системы одностороннего действия (сеть построена только для отвода избыточной воды) и двустороннего действия (осушительно-увлажнительные сети).

В 2015 году стартовал проект по реконструкции Ракитной осушительной системы в Ивановском районе Амурской области. По данным Департамента мелиорации Минсельхоза, общий объем государственных капитальных вложений был запланирован в объеме около 233 млн. руб.

Проведенные работы охватили осушением мелиорированные земли и предотвратили выведение из оборота порядка 2,36 тыс. га сельскохозяйственных земель.

Проект был реализован в рамках федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельхозназначения России на 2014-2020 годы». По данным Минсельхоза, за девять месяцев 2014 года всего на финансирование программы было потрачено 8,7 млрд руб., более половины денег (4,5 млрд руб.) — частные инвестиции. В 2015 году только из федерального бюджета было выделено 8,3 млрд руб., столько же планировалось привлечь из внебюджетных источников. Еще 5,9 млрд руб. предоставили регионы.

Из опыта эксплуатации мелиоративных систем известно, что различные элементы систем и сооружений нуждаются в ремонтах через определенные промежутки времени после строительства или реконструкции. К основным видам ремонта можно отнести:

1) текущий ремонт проводят через 3-4 года с задачей восстановления водоприемников, каналов, регулирующей сети и других устройств в проектных размерах. Объем восстановительных работ не должен превышать 20-25% от первоначального строительного объема. При текущем ремонте очищают открытые водотоки от наносов и растительности, устраняют перекаты и оползни, ремонтируют и частично заменяют крепления откосов, подсыпают дамбы, заделывают ямы и трещины в бетонных сооружениях, заменяют столбики-надолбы и перильные ограждения, ремонтируют или устраивают новые крепления входных и выходных частей сооружений, строят новые пешеходные мостики и эксплуатационные устройства.

На дренажных системах промывают [8] и прочищают отдельные коллекторы и дрены, заменяют неисправные трубки, ремонтируют устья, смотровые и поглотительные колодцы. При текущем ремонте допускается прокладка новых каналов и дренажных линий для сгущения регулирующей сети общей протяженностью не более 5% всей длины дренажных линий на объекте. Проектно-сметную документацию для текущего ремонта составляют на основе дефектных ведомостей. Работы можно выполнять комплексно по всей системе или выборочно по отдельным участкам или каналам;

2) капитальный ремонт проводят в сроки, устанавливаемые нормативами. При этом ремонте проводят уполаживание откосов, устраивают новые крепления, заменяют временные деревянные сооружения на железобетонные, придают всем водотокам проектные размеры, очищают дренажные системы от заиливания и корневых пробок, заменяют разрушенные трубы и устья, перекладывают некоторые коллекторы и дрены, ремонтируют или устраивают новые смотровые и поглощающие колодцы. При проведении капитального ремонта разрешено изменять план и продольный профиль водоприемников на 10%, дополнительное строительство магистральных, нагорных и ловчих каналов – на 20%, регулирующей сети и дренажа – до 20% от общей протяженности сети ремонтируемого участка. Капитальные ремонты выполняют по утвержденной проектно-сметной документации. Проекты составляют на основе материалов изысканий и детального обследования осушительной системы и сооружений на ней. Ремонт можно планировать комплексно, когда предусматривают ремонт всей системы, или выборочно, когда ремонтируют отдельные ее части или элементы. В случае необходимости устраивают ограждение для предотвращения поступления на ремонтируемые участки воды или прокладывают обводные русла;

Таблица 1 – Примерная периодичность капитального ремонта, лет

| Сооружения  | Примерный срок службы | Примерный период капитального ремонта |
|---|-----------------------|---------------------------------------|
| Перегораживающие железобетонные, бетонные с расходом от 1 до 10 м <sup>3</sup> /с | 40 лет                | 10 лет                                |

*Продолжение таблицы 1*

|  |        |        |
|--|--------|--------|
| Осушительные межхозяйственные магистральные каналы с креплениями откосов и дна суглинистых грунтах | 50 лет | 10 лет |
| Внутрихозяйственные проводящие каналы с креплениями откосов и дна                                  | 30 лет | 10 лет |
| Системы двустороннего действия.  | 30 лет | 8 лет  |
| Дренаж гончарный в минеральных грунтах   | 60 лет | 15 лет |
| Дождевальные машины  | 7 лет  | 2 года |
| Дороги гравийные   | 30 лет | 5 лет  |
| Гидрометрические водомерные посты на каналах   | 10 лет | 2 года |

3) аварийный ремонт на осушительной системе [9, 10] проводят, как правило, в кратчайшие сроки. Предупреждение аварий является одной из главных задач службы эксплуатации. Сроки и способы ликвидации назначают в зависимости от характера аварии и ее влияния на нормальную работу осушительной системы. Некоторые из них нужно ликвидировать немедленно. К этой группе аварий относят прорыв дамб, плотин, разрушение креплений русл, проходящих через населенные пункты, разрушение мостов, дорог и др. Аварии, не влекущие за собой серьезных последствий, можно ликвидировать в сроки, благоприятные для выполнения ремонтных работ.

### Литература

1. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шерemet, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 365-369.
2. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.
3. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива/ А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С. 64-68.
4. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.
5. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 36-41.
6. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных

дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ, 2019. – № 2 (9). – С. 98-102.

7. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

8. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 353-357.

9. Гаврилина, О.П. Технология водоподачи из каналов и водоемов с обоснованием параметров и режимов работы стабилизатора расхода воды : дис. ... канд. техн. наук/ О.П. Гаврилина. – Рязань, 2009. – 190 с.

10. Гаврилина, О.П. Теоретические основы водоучета локальными системами стабилизации водоподачи/ О.П. Гаврилина, А.С. Штучкина // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 1. – С. 88-91.

11. Захарова, О.А. Деградация осушительной системы Рязанской Мещеры/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Сб.: Теория и практика современной аграрной науки : Материалы III Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием. – 2020. – С. 455-457.

12. Экология и мониторинг окружающей среды/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 166-169.

13. Опыт внедрения средств гидравлической автоматизации в водозаборных узлах и сооружениях на каналах орошаемых земель/ А.Г. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ, Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрный университет, 2003. – С. 124-129.

14. Планирование природоохранных мероприятий по защите почв и водных ресурсов при комплексной реконструкции ирригационных систем/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин, И.В. Сатункин // Сб.: Экономико-правовые и экологические проблемы землепользования в условиях рыночной экономики России и стран СНГ (методология, теория и практика хозяйствования) : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 149-156.

**УДК 628.3**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОГО СОСТАВА ВОДЫ С САРПИНСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНО-ОБВОДНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНО-СБРОСНОГО СТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ**

*М.А. Ширяева<sup>1</sup>, В.А. Супрун<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ, г. Москва

**Аннотация.** Решением проблемы дефицита водных ресурсов в республике Калмыкия может являться технология повторного использования засоленной дренажно-сбросной воды с Сарпинской обводнительно-оросительной системы. Для последующего использования этой воды на орошение необходима водоподготовка и очистка. В данной статье представлены

результаты натуральных и лабораторных исследований по очистке дренажно-сбросной воды с помощью природных минеральных сорбентов.

**Ключевые слова:** засоление, очистка дренажно-сбросных вод, водные ресурсы, загрязнение вод, минеральные сорбенты.

**Summary.** The solution to the problem of water scarcity in the Republic of Kalmykia can be the technology of re-use of saline drainage and discharge water from the Sarpinsk irrigation system. For subsequent use of this water for irrigation, water treatment and purification is necessary. This article presents the results of field and laboratory studies on the treatment of drainage and waste water using natural mineral sorbents.

**Keywords:** salinization, drainage and waste water treatment, water resources, water pollution, mineral sorbents.

На данный момент в республике Калмыкия наблюдается острый дефицит водных ресурсов, в связи с чем существующие площади орошения используются частично. Решением данной проблемы может являться разработка агротехнической технологии повторного использования засоленной дренажно-сбросной воды. Первым этапом разработки технического решения по очистке и обессоливанию ДСВ стали лабораторные и натурные исследования для изучения ионного состава воды и поглощения ионов сорбентом.

**Цель:** изучить ионный состав очищенной дренажно-сбросной воды с помощью природных минеральных сорбентов для подбора смеси сорбентов и для дальнейшего применения при разработке агротехнической технологии по очистке дренажно-сбросных вод.

**Актуальность** исследований обуславливается необходимостью разработки технологии повторного применения дренажно-коллекторной воды при рисосеянии в условиях климата Сарпинской низменности республики Калмыкия.

Сарпинская низменность является самой северной зоной рисосеяния [1]. Для подбора сорбента и изучения солепоглощающей способности растений, растущих в условиях резко континентального климата Сарпинской низменности в республике Калмыкия, были проведены натурные опыты по деминерализации и очистке сбросной воды с рисовой оросительной системы. Была разработана конструкция для проведения натурального эксперимента (рисунок 2). Конструкция смонтирована на территории ФГУП «Харада», она состоит из 10 напорных труб для водоснабжения с прорезями, длиной 2 метра диаметром 110 мм. Был проведен тестовый опыт: в трубы был засыпан сорбент с грунтом и песком и высажена высшая водная растительность, после чего осуществлена первая подача воды в конструкцию [2]. В каждой трубе использовался разный сорбент в сочетании с ВВР. На рисунке 1 представлен пример смонтированной конструкции разных повторностей.

Опыты проводились в два этапа: летний период и осенний. По показателям содержания хлор-иона и кальция были построены динамические графики по осреднённым показателям (рисунок 2).

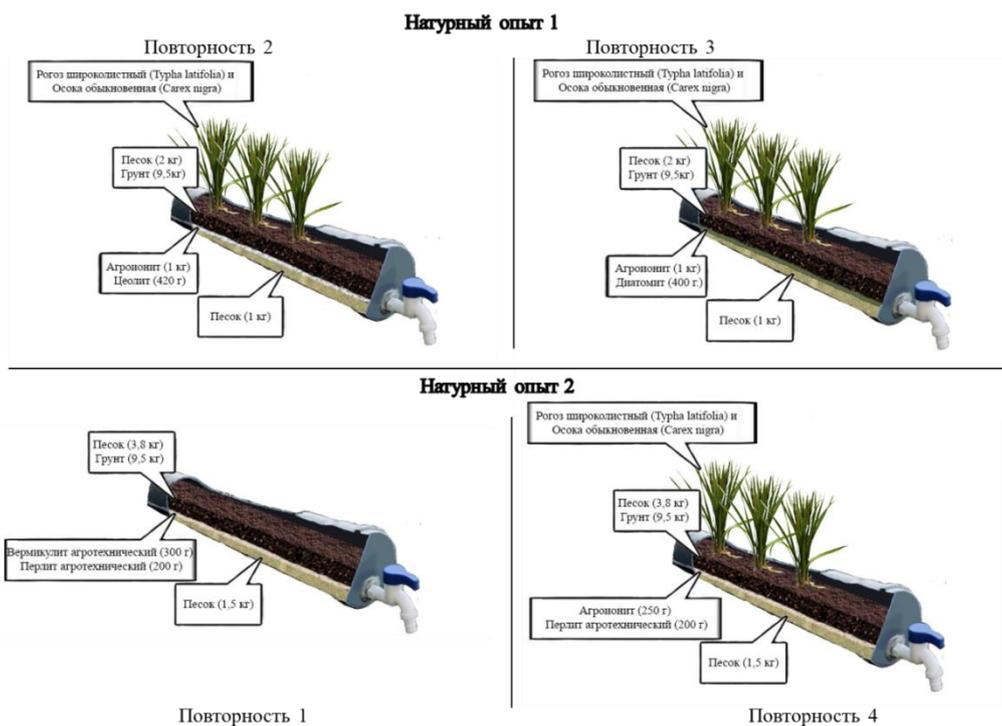


Рисунок 1 – Вариации наполнения смонтированной конструкции компонентами по натурным опытам

На рисунке 2 указаны повторности проведения исследований. Каждой повторности соответствует наличие определённых компонентов в рассчитанном соотношении.

#### Осенний натурный опыт № 1

1 повторность. Песок 2 кг, грунт 9,5 кг, агроионит 1 кг, перлит агротехнический 330 г, песок 1 кг + растения.

2 повторность. Песок 2 кг, грунт 9,5 кг, агроионит 1 кг, цеолит 420 г, песок 1 кг + растения.

3 повторность. Песок 2 кг, грунт 9,5 кг, агроионит 1 кг, диатомит 400 г, песок 1 кг + растения.

4 повторность. Контроль.

#### Летний натурный опыт № 2

Повторность 1. Песок 3,8 кг, грунт 9,5 кг + растения, перлит агротехнический 200 г, вермикулит 300 г, песок 2 кг.

Повторность 2. Песок 3,8 кг, грунт 9,5 кг + растения, перлит агротехнический 200 г, вермикулит 300 г, песок 1,5 кг.

Повторность 3. Песок 3,8 кг, грунт 9,5 кг + растения, перлит агротехнический 200 г, агроионит 250 г, песок 2 кг.

Повторность 4. Песок 3,8 кг, грунт 9,5 кг + растения, перлит агротехнический 200 г, агроионит 250 г, песок 1,5 кг.

Повторность 5. Грунт 16,6 кг.

По результатам натурных опытов видно, что в летний период наблюдаются максимальные значения содержания хлор-ионов (почти в 1,5 раза больше осенних показателей). По кальцию наиболее высокие показатели наблюдались в осенний период (почти в 0,5 раз выше показателей летнего периода) [3].

Для дальнейших лабораторных исследований было выбрано несколько комбинаций комплексных сорбентов. В модельные растворы с исходной минерализацией 3,1, 5 и 7 г/л было внесено рассчитанное количество сорбентов. Результаты данных лабораторных исследований представлены в таблице 1 и рисунках 3-4.

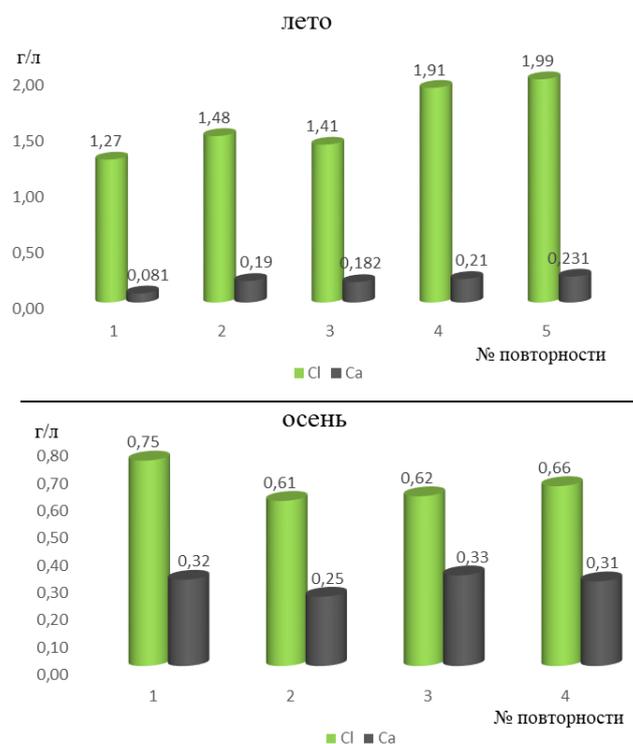


Рисунок 2 – Динамика изменения концентрации хлор-иона и кальция

Таблица 1 – Смеси сорбентов для сравнительного анализа

| Время                       | Т=30 мин |       |       | Т=24 часа |       |       |
|-----------------------------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                             | 3,1 г/л  | 5 г/л | 7 г/л | 3,1 г/л   | 5 г/л | 7 г/л |
| Раствор/общая минерализация | 3,1 г/л  | 5 г/л | 7 г/л | 3,1 г/л   | 5 г/л | 7 г/л |
| исходный раствор            | 0,99     | 1,73  | 2,23  | 0,98      | 1,58  | 1,89  |
| агроионит+цеолит            | 1,04     | 1,63  | 2,20  | 0,96      | 1,57  | 2,11  |
| агроионит+перлит            | 1,01     | 1,76  | 1,92  | 0,95      | 1,53  | 1,96  |
| агроионит+диатомит          | 1,04     | 1,76  | 2,22  | 0,96      | 1,57  | 2,10  |

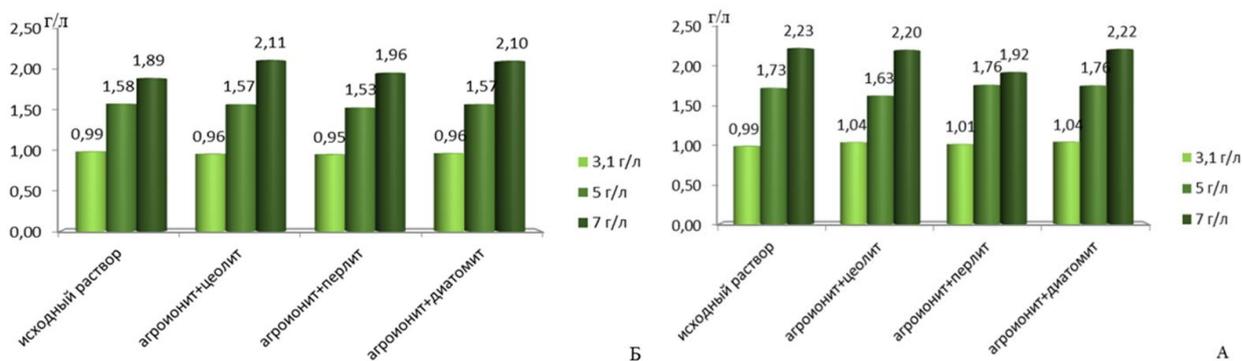


Рисунок 3 – Изменение содержания Cl<sup>-</sup> в растворах. А – через 30 минут действия сорбентов. Б – через сутки действия сорбентов

Хлор негативно влияет на рост сельскохозяйственных культур, на их способность адсорбировать из почвенного раствора влагу, необходимую для ростовых процессов. В условиях хлоридного засоления снижаются темпы развития растения в первой половине вегетации, и ускоряются – во второй [4]. К избыточным концентрациям этого элемента чувствительны зерновые культуры, в том числе рис. Из рисунка 3 видно, что

при комбинации агроионит + перлит концентрация хлора не повышается, поэтому для дальнейших исследований по определению кальция будет использоваться данная смесь сорбентов. А через сутки наблюдается снижения содержания хлор-иона.

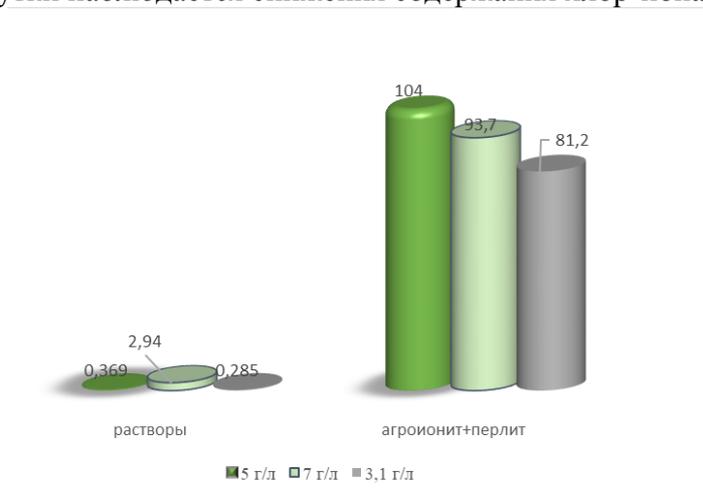


Рисунок 4 – Концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  (г/л) в исходных модельных растворах и в растворах с комплексным сорбентом

Рост кальция дает положительный результат в экспериментальной части полевых и лабораторных исследований, так как содержание кальция обеспечивает благоприятные условия для формирования продуктивности риса[5]. Кальций стимулирует рост растения и развитие корневой системы, усиливает обмен веществ, активизирует ферменты и укрепляет клеточные стенки. Кальций – основной фактор, регулирующий ферментную активность в растениях, обеспечивающую поглощение других элементов питания (особенно азота). У зернобобовых кальций участвует в процессах транспорта сахаров и нейтрализации органических кислот. Улучшает качество получаемой продукции (белка в зерновых культурах) [6].

**Вывод.** В ходе исследований выяснилось, что наиболее эффективным методом очистки дренажных сточных вод можно считать смесь сорбентов агроионит + перлит агротехнический. Применение такого комплексного сорбента не только не повышает содержание хлор-ионов, т.е. не замедляет процесс развития культур, но ещё и способствует поддержанию положительного баланса кальция в почве и регуляции продуктивности риса.

## Литература

1. Дедова, Э.Б. Пути повышения эффективности функционирования рисовой оросительной системы на территории Сарпинской низменности/ Э.Б. Дедова, Р.М. Шабанов, А.А. Дедов // Colloquium-journal. – 2019. – № 5 (29).
2. Кирейчева, Л.В. Исследование детоксикации грунта полигона твердых коммунальных отходов сорбентом «Агроионит»/ Л.В. Кирейчева, А.В. Титов // Экология и промышленность России. – 2019. – № 23(3). – С. 26-30.
3. Пособие по очистке и утилизации дренажно-сбросных вод. – М. : РАСХН 1999. – 68 с.
4. Фрог, Б.Н. Водоподготовка/ Б.Н. Фрог. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 680 с.
5. Кирейчева, Л.В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями/ Л.В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 32–35.
6. Никаноров, А.М. Гидрохимия/ А.М. Никаноров. – СПб : Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.

7. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

8. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

УДК 631.674

## ВОПРОСЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АГРОФИТОЦЕНОЗОВ

*В.В. Бородычев<sup>1</sup>, М.Ю. Храбров<sup>1</sup>, Н.Г. Колесова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ, г. Москва, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы регулирования гидротермического режима поля. Показаны наиболее распространенные способы и основные направления разработок по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза.

**Ключевые слова.** *Гидротермический режим, техника, орошение, комбинированное, капельное, мелкодисперсное, микро фитоклимат, растение, вода, водный стресс.*

**Summary.** The article deals with the regulation of the hydrothermal regime of the field. The most common methods and main directions of development for regulation of the hydrothermal regime of agrophytocenosis are shown.

**Keywords.** *Hydrothermal regime, technology, irrigation, combined, drip, finely dispersed, micro phytoclimate, plant, water, water stress.*

Гидротермический режим агрофитоценоза – это совокупность всех явлений поступления, расхода и переноса влаги и тепла. Физиологические процессы в растениях напрямую связаны с водой. Достаточно сказать, что в активно растущих растениях содержание влаги в 3...4 раза превышает вес сухого вещества. На каждый килограмм сухого вещества через растения проходит несколько сот килограммов воды и теряется с их поверхности в результате транспирации или испарения в атмосферу. Кроме того, вода, растворяя питательные вещества, находящиеся в почве, превращает их в форму, доступную для поглощения их корнями растений. В период вегетации, когда происходит активный рост растений, лишняя вода без воды может замедлить последующий рост или даже привести к гибели растения. Все это говорит о необходимости проведения поливов для нормального роста и развития растений. Не следует забывать, что по мере возрастания содержания воды в корнеобитаемом слое почвы (переполнение, поднятие грунтовых вод и т.п.), снижается одновременно количество доступного растению кислорода. Это положение также приводит к угнетению развития растений, снижая доступность питательных веществ.

Получение высококачественной продукции и сохранение природно-ресурсного потенциала возможно за счет создания оптимальных параметров гидротермического режима поля. Регулирование теплового и водного режима почвы должно осуществляться в зависимости от условий природной среды. Управление гидротермическим режимом агрофитоценоза является актуальной проблемой современной аграрной науки, комплексное решение которой возможно лишь при грамотном использовании водных мелиораций. В настоящее время ведутся активные поиски, направленные на снижение температурного и водного стресса на растения. Пути и способы решения указанной проблемы довольно разнообразны. Существует несколько направлений снижения стресса сельскохозяйственных культур путём регулирования гидротермического режима поля в приземном слое воздуха.

Рассмотрим способы повышения устойчивости растений к стрессам с помощью химических веществ. Согласно Европатенту EP 1891854 А 1 «Способ и смесь для полива растений» [1] полив растений выполняют путем подачи с водой к растениям раствора или взвеси полипропиленгликоля. Применение упомянутого раствора приводит к существенному снижению количества воды, необходимого для полива растений вследствие уменьшения испаряемости.

Европатент EP 1929866 A 1 «Использование полимеров и олигомеров ксилосахаридов и производных соединений в качестве фитосанитарных продуктов и биоудобрений» [2] имеет целью утилизацию вещества, содержащего соединение олигозида формулы  $X_1-X_2-X_3-(X_4)_n$ , в которой  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , и  $X_4$  представляют, каждый независимо друг от друга, одну из моноз, выбранных среди глюкозы, галактозы, ксилозы, фруктозы или арабинозы. Монозы представлены в восстановленной форме и/или замещены группой алкида или ацила, такой как группа метила или ацетила, а  $n$  принимает значения 0 или 1. Изобретение предназначено для адаптации растений к абиотическому стрессу, для регулирования цветения и плодоношения растений и индуцирования защитных реакций против патогенных возбудителей.

Предлагается патент Всемирной организации по охране интеллектуальной собственности (ВОИС) WO 2009079508 A1 на «Способы и составляющие снижения стресса у растений, обеспечивающие улучшенный рост и урожайность растений с помощью снижения стресса от абиотических факторов» [3]. Согласно этому патенту, раствор, содержащий одно или более веществ (растительные гормоны, аминокислоты,

производные аминокислот и терпены, или смесь этих соединений), наносят на поверхность растений. При этом образуется защитная пленка, снижающая влияние таких абиотических факторов, как жара, холод, свет и водный стресс. При этом фотосинтез не испытывает отрицательного воздействия.

Следует отметить, что возможности повышения устойчивости растений к стрессам с помощью химикатов весьма ограничены.

Рассмотрим несколько направлений снижения стресса путём регулирования гидротермического режима поля в приземном слое воздуха.

Наиболее масштабным является техническое решение по патенту WO № 2008050799 A1 [4]. Предложенная система использует реактор ядерного синтеза или распада в качестве источника тепла. Для выработки пара применяют теплообменник, выполненный в виде системы заполненных водой труб, обеспечивающих её циркуляцию и охлаждение реактора. В результате нагрева воды производится выработка пара. Струи пара направляются в атмосферу через выпускной паропровод. Пары воды образуют облака, закрывающие солнечный свет, что снижает температуру поверхности земли.

Комплекс, описанный в патенте WO № 2008052224 A2 [5], содержит систему орошения сельскохозяйственных культур и систему выработки электроэнергии. Система выработки электроэнергии содержит зеркальный солнечный коллектор и фотоэлементы, установленные на опоре и отслеживающие положение солнца. Комплекс снабжен источником воды и насосом, который обеспечивает подачу воды к обеим системам. В дневное время поток воды отбирает тепло, понижая температуру приземного слоя воздуха. При этом фотоэлементы обеспечивают выработку энергии системой. В ночное время теплую воду используют для полива сельскохозяйственных культур.

Патент РФ RU № 2338368 C1 выдан на вегетационную систему для создания микроклимата при выращивании сельскохозяйственных культур в открытом грунте [6]. Микроклимат формируется с помощью автоматизированной системы управления, оборудованной датчиками влажности и температуры. Система управления регулирует подачу воды из оросительного устройства, имеющего гидроаккумуляторы и нагреватели, посредством системы труб, снабженных форсунками. Эта система содержит ветрозащитное ограждение по периметру земельного участка.

Патент РФ RU № 2337525 C1 «Способ орошения атмосферной парообразной влагой» [7] предусматривает обеспечение потребности растений во влаге за счет ее конденсации из воздуха. Способ включает высадку деревьев и прокладку подпочвенных воздухопроводов, периодически соединяющихся восходящими каналами с атмосферой. Подпочвенные воздухопроводы выполняют в виде почвенных щелей, заполненных камнем, закрытых пленкой и засыпанных почвой. Восходящие каналы, соединяющие подпочвенный воздухопровод с атмосферой, заполняют камнем до поверхности почвы. Соединение подпочвенного

воздуховода восходящими каналами с атмосферой чередуют с солнечной и теневой стороны деревьев, определяемой по наибольшему суточному интервалу времени. Согласно второму варианту в восходящий канал, расположенный с солнечной стороны деревьев, устанавливают вытяжную трубу. Труба выступает над поверхностью почвы и выполнена из теплопроводного материала. Технический результат заключается в повышении эффективности конденсации атмосферной влаги за счет интенсификации воздухообмена между атмосферой и почвой.

Предлагается Европейский патент EP № 2092820 A1 «Способ и устройство для защиты виноградных лоз от мороза» [8]. В предложенном устройстве газ, в частности воздух, нагревается в узле посредством сжатия и через распределительную систему подается к виноградным лозам. Распределительная система имеет гибкие шланги с капиллярными отверстиями, которые распределяют подогретый воздух равномерно по всей поверхности шланга.

Согласно патенту WO №2010006473 для защиты сельскохозяйственных культур от заморозков [9] используют специальные системы, которые включают мощные вентиляторы, датчики температуры, установленные в инверсионном слое и ниже его. Эти датчики передают информацию в режиме текущего времени на контроллер, который регулирует температуру.

Похожая система защиты сельскохозяйственных культур от заморозков описана в патенте ВОИС WO №2010008602 [10]. Она использует мощный вентилятор, установленный на мачте и снабженный подогревателем воздуха.

В патенте ВОИС WO №2010076959 [11] описан способ обогрева участков с одновременным созданием благоприятных условий для формирования искусственного дождя.

В патенте US № 7654035, выданном в США [12], восходящий поток воздуха, формируемый вентилятором, используется для создания воздушного барьера на пути продвижения холодного воздуха. Этот барьер обеспечивает поднятие холодного воздуха выше приземного слоя, тем самым защищая растения от радиационных заморозков.

Согласно патенту РФ №2283580 предлагается дождевальная установка «Данус-Жанбыр» [13]. В установке для создания восходящего парогазового потока используют реактивный двигатель, снабженный волновым активатором. Струя парогазовой смеси выбрасывается на высоту нескольких километров, что, по замыслу авторов, способствует формированию дождевых облаков.

Отличается оригинальностью предложение регулировать микроклимат поля путём формирования концентрированного потока солнечного излучения и направления его на заданный участок (Патент РФ №2071232) [14].

Обращает на себя внимание тот факт, что большая часть рассмотренных технических решений направлена на защиту сельскохозяйственных культур от заморозков.

Что касается защиты растений от засухи и температурных стрессов, то в этом направлении преимущество имеют способы совершенствования технологии и техники орошения.

Возможность создавать оптимальные условия для произрастания растений в критические дни вегетационного периода дает **комбинированное орошение**, которое позволяет контролировать температуру и влажность приземного слоя воздуха, гибко регулируя запасы влаги в почве в соответствии с биологическими особенностями орошаемых культур. Наиболее эффективными и перспективными способами регулирования гидротермического режима поля следует признать стационарные системы, сочетающие капельное орошение с мелкодисперсным дождеванием (МДД).

**Капельное орошение** – способ орошения, при котором увлажнение почвы осуществляется в зоне максимального развития корневой системы растений. Вода равномерно падающими каплями подается непрерывно к каждому растению на протяжении

всего вегетационного периода в количестве, соответствующем водопотреблению данной культуры.

К элементам техники капельного орошения относят очаг увлажнения, увлажненную площадь поверхности почвы, контур увлажнения, расход капельного микроводовыпуска, число и схему расположения точек водоподачи в очаге увлажнения, равномерность распределения оросительной воды по микроводовыпускам, схему расположения микроводовыпусков по орошаемой площади. Расчетная зона увлажнения для плодовых кустарников и фруктовых деревьев определяется горизонтальной проекцией основной массы кроны и составляет 0,5–0,7 ширины междурядий. Расчетный слой увлажнения зависит от агробиологических показателей сельскохозяйственных культур, водно-физических свойств почвы и от расхода микроводовыпусков и продолжительности полива.

Из мировой практики (Австралия, Израиль, США, Франция, Греция, Италия и др.) известно, что система капельного орошения, по сравнению с традиционными способами полива (дождевание, полив по бороздам), обеспечивает прибавку урожая овощных культур на 50–80%. При этом созревание овощей происходит на 5–10 дней раньше при одновременном снижении трудовых и энергозатрат в 1,5–2 раза и расхода поливной воды и удобрений на 30–50%.

**Мелкодисперсное дождевание (аэрозольное орошение)** – способ орошения, представляющий собой дождевание мелкораспыленной водой для создания оптимального микроклимата на посевах сельскохозяйственных культур.

При мелкодисперсном дождевании распределение воды каплями диаметром 100...300 мкм обеспечивает снижение температуры растений и увеличение влажности воздуха, создавая, таким образом, оптимальный гидротермический режим растительного сообщества.

Для понижения температуры листового покрова на 5°C и повышения влажности воздуха в среде растительного покрова на 20...25 % необходимо затратить около 150 л воды на 1 га, однако продолжительность действия такого увлажнения незначительна. Интервал между поливами можно установить по времени испарения капель воды, равный 30–40 мин, однако при этом нужно учитывать время последствия, которое в 1,5...2,0 раза превышает время испарения. При жаркой сухой погоде с температурой воздуха в дневные часы выше 25°C дождевальная агрегат должен дважды в день в наиболее напряжённые часы дня проходить по орошаемому участку с интервалом не более двух часов и распылять в виде капель размером не более 150 мкм слой дождя 1,5...2 мм за проход, что составляет 15–20 м<sup>3</sup>/га.

Комбинированное малообъемное орошение рационально применять в регионах с часто повторяющимися атмосферными засухами, наличием в течение вегетационного периода не менее 20 дней с температурой воздуха выше 25°C, относительной влажностью 50% и ниже.

Одним из вариантов регулирования фитоклимата поля является способ, описанный в патенте № 2567521 [15], который включает периодическое мелкодисперсное увлажнение растений с учетом температуры и влажности приземного слоя воздуха и почвы, а также скорости и направления приземного ветра. Над поверхностью поля производят распыление аэрозоля с автоматическим регулированием высоты и направления его подачи, а также размера капель в нем. По результатам мониторинга температуры и влажности приземного слоя воздуха и почвы, скорости и направления приземного ветра в режиме реального времени проводится увлажнение посевов.

Все разрабатываемые в настоящее время оросительные системы ориентированы на широкое использование компьютерных технологий управления оросительной техникой с применением различных датчиков, установленных на поле. Как правило, датчики передают информацию в режиме текущего времени по беспроводной сети на центральный управляющий компьютер, который, используя базу данных и рабочие программы, выдаёт

команды на контроллеры, управляющие работой клапанов и насосного оборудования (Патенты европейского патентного ведомства EP №№1872651 A1; 2201834 A1; 2215906 A1; 2243353 A1;

Аналогичные системы управления мелкодисперсными системами патентуются и в России (Патенты RU 20989464; 2463773; 2492626).

**Выводы.** В настоящее время для оптимального управления гидротермическим режимом агрофитоценоза необходимо создание адаптивных инновационных технологий, включающих разработку режимов комбинированного орошения, учитывающих снижение материалоемкости и затрат на создание мелиоративных систем многоцелевого назначения; создание компьютерных программ, позволяющих работать системе комбинированного орошения в автоматизированном режиме, используя данные метеостанции и датчиков для эффективного контроля стрессовых факторов. Системы мониторинга и автоматизированного управления орошением и осушением в режиме реального времени являются неотъемлемыми компонентами технологий и технических средств точного (координатного) орошения.

### Литература

1. Пат. EP № 1891854 A1, МПК А 01G 25/00. Способ и смесь для полива растени / Meurs, Jan Hermen Hendrik. – 21.08.2006.

2. Пат. EP № 1929866 A1, МПК А 01G 7/00. Использование полимеров и олигомеров ксилодекстрана и производных соединений в качестве фитосанитарных продуктов и биоудобрений / Lienart, Yvette. – 27.09.2001.

3. Пат. WO № 2009079508 A1, МПК А 01H 1/00. Способы и составляющие снижения стресса у растений / Kupatt, Jr., Charles Christian. – 16.12.2008.

4. Пат. WO № 2008050799 A1, МПК А 01G 15/00. Способ и система изменения климата пользованием парогенератора / Nakamura Tomoaki, Nakamura Katsuhiko, Nakamura Watanabe. – 24.10.2007.

5. Пат. WO № 2008052224 A2, МПК А 01G215/02. Многофункциональная сельскохозяйственная ферма / Zincher, Arthur, R. – 29.10.2007.

6. Пат. RU № 23338368 C1, МПК А 01G 25/00. Vegetационная система для создания микроклимата / Шохин А.М., Шохин К.А. – 07.03.2007.

7. Пат. RU 2337525 C1, МПК А 01G 25/00. Способ орошения парообразной атмосферной влагой (варианты)/ Демин В.А., Овцинов В.И. – 29.01.2007.

8. Пат. EP № 2092820 A1, МПК А 01G 13/06. Способ и устройство для защиты виноградных лоз от мороза/ Kellenberger, Stefan. – 21.02.2008.

9. Пат. WO 2010006473 A1, МПК А 01G 13/06. Метод управления и аппарат ветромашин/ Jiangsu University. – 21.01.2010.

10. Пат. WO 2010008602 A1, МПК А 01G 13/06. Система обогрева ветровой машины с установкой на шесте / Hill, Daryl, G. – 17.07.2009.

11. Пат. WO 2010076959 A1, МПК А 01H 1/00. Система и способ вызывания искусственного дождевания при нагреве грунта / Vynn HiRyong. – 20.10.2009.

12. Пат. US 7 654 035 B2 МПКА 01G 25/16. Guarga Ferro (45). – Feb. 2, 2010.

13. Пат. РФ № 2283580 C2, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная установка «Данус-Жанбыр» (варианты) / Нусупбекова Д.А., Нурмамбетов К.Э., Нурмамбетова Д.Э. – 20.09.2006.

14. Пат. РФ 2071232 C1, МПК А 01 G 7/04. Способ обработки почвы и растений/ Ильюхин М.С., Васянин В.И. – 10.01.1997.

15. Пат. РФ 2567521 C1, МПК А 01 G 15/00. Оросительная сеть для регулирования фитоклимата поля / Губин В.К., Максименко В.П., Матвеев А.В, Храбров М.Ю. и др. – Оpubл. 2015.11.10.

16. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

УДК626.80

## ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

С.Н. Борычев<sup>1</sup>, Д.В. Колошеин<sup>1</sup>, Е.Ю. Гаврикова<sup>1</sup>, А.Н. Ашарина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлен обзор почвенно-мелиоративных изысканий на избыточно увлажненных почвах. Рассмотрен масштаб почвенно-мелиоративной съемки зависит от особенностей природной обстановки и характера сельскохозяйственного использования территории.

**Ключевые слова.** Почвенно-мелиоративные изыскания, масштаб, съемка, механический состав почвы.

**Summary:** The article presents a review of soil reclamation surveys on excessively moistened soils. The scale of the soil reclamation survey depends on the characteristics of the natural environment and the nature of the agricultural use of the territory.

**Keywords:** soil reclamation surveys, scale, survey, mechanical composition of the soil.

Почвенно-мелиоративные изыскания [1, 2] на избыточно увлажненных массивах состоят из территориальной съемки почвенного покрова и изучения водно-физических свойств. В процессе съемки предусматривают изучение литологического строения верхней двухметровой толщи по разрезам или с помощью специального зондирования. Одновременно с почвенно-мелиоративными изысканиями там, где возможно поверхностное улучшение луговых или пастбищных угодий, проводят геоботанические изыскания для изучения распространения по территории объекта основных растительных группировок (ассоциаций), их продуктивности, хозяйственной ценности и связи с почвенным покровом.

Культуртехнические изыскания, выполняемые совместно с почвенно-мелиоративным картированием, направлены на выявление «технических» особенностей территории, препятствующих ее сельскохозяйственному использованию в «культуре» – залесенности, закустаренности, пнистости, наличия камней, заочкаренности и др. Основной для съемочных картографических работ является топографическая карта. Лучшая топооснова – планово-высотная карта, выполненная на аэрофотоснимках.

Если при наличии планово-высотной основы на исследуемом участке нет достаточной сети ориентиров и нет гарантии в точности съемки, проводят инструментальную привязку разрезов.

Масштаб топоосновы должен быть не менее масштаба, установленного для данного вида съемки.

Масштаб почвенно-мелиоративной съемки зависит [3, 4] от особенностей природной обстановки и характера сельскохозяйственного использования территории (таблица 1).

Для изучения почвенного покрова на территории избыточно увлажненного массива закладывают почвенные выработки – разрезы, прикопки, буровые и зондировочные скважины, с помощью которых в полевых условиях тщательно изучают механический состав минеральных почв, признаки заболачивания (специфические новообразования, оглеение, оторфованность и др.)

В зависимости от степени обводнения при картографических исследованиях можно использовать различные выработки (разрезы скважин) или их комбинации, например

неглубокие разрезы до грунтовых вод, пройденные бурами различной конструкции ниже их уровня. В рыхлых отложениях следует стремиться, чтобы изучаемая с помощью разрезов или скважин толща составляла не менее 2,0 м, так как дрены, коллекторы и открытые каналы приурочены главным образом к этой глубине [5].

Таблица 1 – Масштабы почвенно-мелиоративных съемок избыточного увлажнения территорий

| Характер использования территории | Массивы, образованные торфяными почвами с однородным механическим составом минерального дна | Массивы, образованные минеральными в различной степени заболоченными почвами или минеральными и торфяными почвами | Массивы, образованные засоленными заболоченными и болотными почвами |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Полевые и луговые угодья          | 1:10 000  | 1:5 000; 1:2 000  | 1:5 000; 1:2 000  |
| Сады                              | 1:5000<br>1:10 000 ... 1:5000   | 1:5 000; 1:2 000  | 1:5 000 ... 1:2 000   |
| Экспериментальные участки         | 1:2 000 ... 1:1 000   | 1:2 000 ... 1:1 000   | 1:1 000 ... 1:500   |

На минеральных почвах, приуроченных к однородным по механическому составу почвообразующим породам (покровные, цермские, озерно-ледниковые суглинки и глины или флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески и супеси), выработки закладывают в кондиции масштаба съемки. При неоднородном характере почвообразующих пород, частой, смене их гранулометрического состава – на моренных или на двучленных не их гранулометрического состава – на моренных или на двучленных отложениях, в поймах и др. – наряду с необходимым числом почвенных разрезов в соответствии с выбранным масштабом почвенно-мелиоративной съемки часто целесообразно сгущать сеть зондировочных выработок, характеризующих смену механического состава. Такая сеть выработок, как показывает практика ряда проектно-изыскательских институтов, может быть весьма густой и достигать соотношения одна выработка на 1 ... 2 га; чаще всего это зондировочные скважины, выполняемые с помощью одного из буров рассмотренной выше конструкции [6, 7].

На торфяных почвах зондировку проводят буром Гиллера или буром Инсторфа. Зондировку ведут послойно через 25 или 50 см на всю глубину торфяной залежи до минерального дна по поперечникам, разбиваемым в натуре. Независимо от принятого масштаба почвенной съемки поперечники и пикеты располагают через 100 м. В процессе зондировки фиксируют глубины попадания на пни (древесину), сапропелевые отложения, угольные и водные прослойки [8, 9].

Подробное послойное описание ботанического состава, степени разложения и свойств торфа проводят в пунктах, число которых соответствует числу основных и контрольных разрезов принятого масштаба [10].

После наступления устойчивых заморозков, за исключением работ на болотах, не проходимых в теплый период года, почвенные и ботанико-культуртехнические изыскания прекращают.

На минеральных почвах, приуроченных к однородным по механическому составу почвообразующим породам (покровные, цермские, озерно-ледниковые суглинки и глины или флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески и супеси), выработки закладывают в кондиции масштаба съемки. При неоднородном характере почвообразующих пород, частой, смене их гранулометрического состава – на моренных или на двучленных не их гранулометрического состава – на моренных или на двучленных отложениях, в поймах и др. – наряду с необходимым числом почвенных разрезов в соответствии с выбранным масштабом почвенно-мелиоративной съемки часто целесообразно сгущать сеть зондировочных выработок, характеризующих смену механического состава. Такая сеть

выработок, как показывает практика ряда проектно-исследовательских институтов, может быть весьма густой и достигать соотношения одна выработка на 1 ... 2 га; чаще всего это зондировочные скважины, выполняемые с помощью одного из буров рассмотренной выше конструкции [6, 7].

На торфяных почвах зондировку проводят Буром Гиллера или буром Инсторфа. Зондировку ведут послойно через 25 или 50 см на всю глубину торфяной залежи до минерального дна по поперечникам, разбиваемым в натуре. Независимо от принятого масштаба почвенной съемки поперечники и пикеты располагают через 100 м. В процессе зондировки фиксируют глубины попадания на пни (древесину), сапропелевые отложения, угольные и водные прослойки [8, 9].

Подробное послойное описание ботанического состава, степени разложения и свойств торфа проводят в пунктах, число которых соответствует числу основных и контрольных разрезов принятого масштаба [10].

После наступления устойчивых заморозков, за исключением работ на болотах, не проходимых в теплый период года, почвенные и ботанико-культуртехнические изыскания прекращают.

### Литература

1. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

2. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

3. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 36-41.

4. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2019. – № 2 (9). – С. 98-102.

5. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

6. Методы улучшения характеристик грунтов основания/ Д.В. Колошеин, С.Б. Федоринова, Е.А. Майорова, О.Э. Талалаева // Сб.: Современные направления и подходы к проектированию и строительству инженерных сооружений : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 103-107.

7. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива/ А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С. 64-68.

8. Техничко-экономическое обоснование возведения насыпи на слабом основании/ В.С. Пыжов, Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина и др. // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 391-395.

9. Рембалович, Г.К. Исследование траектории движения капель дождевальной машины/ Г.К. Рембалович, А.И. Рязанцев, М.Ю. Костенко и др. // Вестник РГАТУ. – № 4 (40). – 2018. – С. 138-142.
10. Рембалович, Г.К. Анализ дождевальных установок для орошения рассады/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносок и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 369-372.
11. Туркин, В.Н. Эколого-технологические аспекты выбора систем водоотведения и канализации для предприятий/ В.Н. Туркин, Д.О. Коротаев // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 126-129.
12. Богданчиков, И.Ю. К вопросу об особенностях эксплуатации машинно-тракторных агрегатов для уборки незерновой части урожая на неровной местности/ И.Ю. Богданчиков, А.Ю. Богданчикова // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-й Международной научно-практической конференции 26-27 апреля 2017 года. Часть 2. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 38-42.
13. Незерновая часть урожая как эффективный способ повышения плодородия почвы/ А.Н. Бачурин, Н.В. Бышов, И.Ю. Богданчиков, А.И. Мартышов // Сб.: Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию инженерного факультета. – 2011. – С. 52-56.
14. Захарова, О.А. Современное состояние мелиорируемых земель в Рязанской области/ О.А. Захарова // Сб.: Научное наследие профессора П.А. Костычева в теории и практике современной аграрной науки : Материалы научных трудов молодых ученых Рязанской ГСХА. – Рязань, 2005. – С. 22-25.
15. Захарова, О.А. Состав основных групп микроорганизмов в ранее мелиорированной почве/ О.А. Захарова // Сб.: Интеграция науки с сельскохозяйственным производством : Материалы научно-практической конференции, посвященной деятельности «Университетского комплекса» в Рязанской области. – 2011. – С. 60-61.
16. Мажайский, Ю.А. Микробиологическая активность оподзоленного чернозема, загрязненного тяжелыми металлами, при агрохимической санации/ Ю.А. Мажайский, О.В. Черникова // Сб.: Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 229-232.
17. Эколого-экономические проблемы орошаемого земледелия/ Г. Соболин, И. Сатункин, Ю. Гулянов, Ю. Коровин // Экономика сельского хозяйства России. – 2003. – № 4. – С. 37.
18. Экология и мониторинг окружающей среды/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 166-169.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

С.Н. Борычев<sup>1</sup>, Д.В. Колошеин<sup>1</sup>, Е.Ю. Гаврикова<sup>1</sup>, Л.О. Прибылова<sup>1</sup>, А.Н. Ашарина<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлено определение доз внесения удобрений для минеральных и торфяных почв. Также указаны критерии обеспеченности торфяных почв фосфором.

**Ключевые слова:** почва, удобрение, осушение, торф, дренаж.

**Summary.** The article presents the determination of fertilizer application doses for mineral and peat soils. The criteria for providing peat soils with phosphorus are also specified.

**Keywords:** soil, fertilizer, drainage, peat, drainage.

Критерии, применяемые для расчета доз удобрений для автоморфных и минеральных заболоченных почв (после их дренажа), близких или тождественных по генезису и механическому составу, в принципе аналогичны [1, 2]. Вместе с тем при определении доз удобрений для минеральных дренируемых почв следует учитывать возможный вынос элементов питания с водами дренажного стока и соответственно увеличивать дозы извести и минеральных удобрений.

В каждом случае в зависимости от климата, почв, причин заболачивания и параметров дренажа объем выноса может существенно варьировать. Поэтому его определяют регионально, для различных почв конкретных почвенно-географических провинций.

При расчете доз удобрений для органогенных почв наряду с оценкой возможного выноса элементов с дренажным стоком следует иметь в виду и еще одно весьма существенное обстоятельство [3, 4].

Органогенные почвы, как правило, обладают значительно меньшей объемной массой (в 6... 8 раз), чем минеральные. Поэтому запас питательных веществ в этих почвах при их одном и том же весовом содержании (например, в мг на 100 г или на 1 кг почвы) оказывается в 6... 8 раз ниже, а обеспеченность растений элементами питания соответственно меньшей, чем в минеральных почвах. Поэтому весовые критерии оценки обеспеченности торфяных почв элементами питания должны отличаться от тех, которые используют для минеральных почв [5, 6].

Для кислых торфяных почв рекомендуются следующие критерии оценки их обеспеченности фосфором по содержанию  $P_2O_5$  в 0,2 н. солянокислой вытяжке (таблица 1).

Таблица 1 – Критерии обеспеченности торфяных почв фосфором

| Степень обеспеченности | Содержание $P_2O_5$ , мг на 100 г почвы | Запас подвижных Фосфатов в слое почвы 0 ... 30 см | Усвояемые формы $P_2O_5$ |
|------------------------|---|---|--------------------------|
|                        |   | кг/га   |                          |
| Слабая                 | <20                                     | <120  | 15 ... 20                |
| Средняя                | 20 ... 40                               | 120 ... 140                                       | 20 ... 50                |
| Выше средней           | 40 ... 60                               | 140 ... 360                                       | 50 ... 150               |
| Высокая                | >60                                     | >360  | >150                     |

При слабой степени обеспеченности [7, 8] дозы фосфорных удобрений увеличивают примерно в 1,5 раза по сравнению с принятыми нормами; при средней степени ежегодно вносят фосфорные удобрения; при вышесредней степени обеспеченности фосфорные

удобрения можно вносить через год или снижать принятые дозы на 25... 30%. Сельскохозяйственные растения на торфяных почвах с высокой степенью обеспеченности на протяжении ряда лет не нуждаются в дополнительных фосфорных удобрениях или их внесение будет целесообразно при возделывании сахарной свеклы, картофеля, кукурузы и других особо требовательных культур на фоне применения повышенных доз калия и реже азота.

На торфяных почвах юга лесной зоны [9, 10], для получения 70... 80 ц/га сена многолетних трав и 35... 40 ц/га зерна ячменя и озимой ржи рекомендуется вносить 60... 90 кг действующего вещества на 1 га фосфорных и 120 ... 150 кг/га калийных удобрений. При программировании более высоких урожаев злаковых травостоев на каждые 10 ц сена следует дополнительно вносить 8 ... 10 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25 ... 30 кг K<sub>2</sub>O и 35 ... 40 кг азота. Всесоюзный институт удобрений и агрохимии им. Прянишникова, рекомендует следующие критерии при, оценке содержания подвижного фосфора, обменного калия и степени кислотности для составления агрохимических картограмм, отражающих плодородие осушаемых торфяных почв (таблица 2).

Таблица 2 – Группировка торфяных почв по содержанию подвижного фосфора, обменного калия и степени кислотности

| Группы | Степень обеспеченности | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Кислотность           | pH солевой вытяжки |
|--------|------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| I      | Очень низкая           | <10                           | <10              | Очень сильно-кислая   | >4,0               |
| II     | Низкая                 | 11... 20                      | 11 ... 15        | Сильнокислая          | 4,1 .. 4,5         |
| III    | Средняя                | 21 ... 40                     | 16... 25         | Среднекислая          | 4,6 ... 5,0        |
| IV     | Выше средней           | 41... 60                      | 26 ... 35        | Слабокислая           | 5,1 .. 5,5         |
| V      | Высокая                | 61 ... 80                     | 36 ... 50        | Близкая к нейтральной | 5,6 ... 6,0        |
| VI     | Очень высокая          | >80                           | >50              | Нейтральная           | >6,0               |

### Литература

1. Колошеин, Д.В. Требования к гидрогеологическим исследованиям на разных стадиях проектирования мелиораций/ Д.В. Колошеин, А.М. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 36-41.

2. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С.323-326.

3. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

4. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

5. Методы улучшения характеристик грунтов основания/ Д.В. Колошеин, С.Б. Федоринова, Е.А. Майорова, О.Э. Талалаева // Сб.: Современные направления и подходы к проектированию и строительству инженерных сооружений : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 103-107.

6. Техничко-экономическое обоснование возведения насыпи на слабом основании/ В.С. Пыжов, Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина и др. // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 391-395.

7. Ждарыкина, Е.Э. Оперативное управление в системах водораспределения/ Е.Э. Ждарыкина, О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 353-357.

8. Пименов, П.П. Контурное распределение поливной влаги в почве при внутриводном орошении/ П.П. Пименов, С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина // Сб.: Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 141-147.

9. Гаврилина, О.П. Усовершенствованная технология устройства дренажа поверхностных вод в конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в заболоченной местности/ О.П. Гаврилина, А.С. Попов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2019. – № 2 (9). – С. 98-102.

10. Гидротехническое сооружение – дамба/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – 2020. – С. 12-17.

УДК 626.8(476)

## ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАТИВНОГО ОСВОЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

*А.А. Волчек<sup>1</sup>, О.П. Мешик<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>УО БГТУ, г. Брест, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье описывается история развития мелиорации земель в Белорусском Полесье. Приведены современные показатели мелиоративных систем. Определяются перспективы развития мелиораций.

**Ключевые слова:** мелиорация, Полесье, осушение, орошение, государственная программа.

**Summary.** The article covers the history of land reclamation in Belarusian Polesie. It also describes features and current state of the melioration system and outlines prospects for its further development.

**Key words:** land reclamation, Polesie, draining, irrigation, State Program.

Рост населения в Полесье, формирование социально-экономических и производственных отношений в 16 веке способствовали расширению землепользования за счет освоения новых площадей и вводу их в сельскохозяйственный оборот. Мелиорации стали ведущим фактором улучшения земель и являлись единственным в то время средством получения продуктов питания. Под патронажем польской королевы Боны в окрестностях Бреста было проложено несколько мелиоративных каналов (1549–1557 гг.). Самый крупный канал «Бона», построенный в районе Кобрина, сохранился до наших дней и эксплуатируется в составе действующих мелиоративных систем (длина 29 км, водосборная площадь 261 км<sup>2</sup>).

В 17 веке продолжили работы по мелиорации земель голландские поселенцы. Они осушали болота для расширения площадей сельскохозяйственных земель. В конце 18 века, при короле Станиславе Августе Понятовском начались работы по возведению судоходного канала между бассейнами рек Днепр и Буг. Первоначальная принадлежность канала – сплав леса с Востока на Запад. Однако для обеспечения судоходства, в середине 19 века были построены три водоподводящих канала: Белоозерский, Ореховский и Турский, а также ряд водоподъемных плотин. В настоящее время канал называется «Днепровско-Бугским», он многократно реконструировался и сейчас используется в судоходстве, рекреации, как водоприемник мелиоративных систем. Общая длина Днепровско-Бугского водного пути составляет 196 км, в том числе 105 км канала. В его составе 12 гидроузлов с судоходными шлюзами, 28 водопропускных плотин, 14 водоспусков, 5 земляных плотин, 3 перепада, 64 км дамб обвалования. Фактически, Днепровско-Бугский канал является связующим между бассейнами Черного и Балтийского морей. Аналогичная роль у Огинского канала, построенного в конце 18 века Слонимским магнатом М. Огинским. Канал имеет длину 47 км, соединяет реки Щара и Ясельда. В настоящее время Огинский канал настолько заилен, что не используется по первоначальному назначению для судоходства, а только лишь является водоприемником мелиоративных систем, расположенных в непосредственной близости. Данный объект в настоящее время нуждается в комплексной реконструкции, так как представляет интерес для развития агро-экотуризма.

Наиболее значимой по масштабу мелиоративных работ в Белорусском Полесье была, проведенная в конце 19 века, Западная экспедиция генерала И.И. Жилинского. Мелиорация земель проводилась согласно Генеральному плану осушения Полесья, который имел серьезное на тот период финансовое и проектное обеспечение. За 1874–1897 гг. экспедицией построено 4367 верст осушительных каналов, 549 мостов и 30 шлюзов, очищено 127 верст заросших русел рек. Многие из построенных в тот период каналов были трассированы настолько удачно, что сохранились до нашего времени под прежними названиями [1].

В первой половине 20 века мелиорация земель Белорусского Полесья осуществлялась низкими темпами, однако уже в 50-е годы с мелиорированного гектара в хозяйствах ежегодно собирали 18–19 центнеров ржи, 20–27 овса, 200–300 картофеля, 250–400 корнеплодов, 400–500 центнеров кукурузы на силос. Наиважнейший исторический этап в развитии мелиорации земель открыл Пленум ЦК КПСС 1966 года. Мелиорация земель была возведена в ранг всенародной общегосударственной задачи, а Полесье отнесено к числу приоритетных и главных водохозяйственных строек СССР. Необходимо отметить, что практически одновременно с крупномасштабными осушительными мероприятиями, в 1971 году началось возведение оросительных систем. Наряду со строительством оросительной сети создавались пруды и водохранилища, насосные станции, гидротехнические сетевые сооружения, дамбы обвалования, дороги, мосты, переезды, линии связи и электропередач. На пике мелиоративного освоения земель продуктивность гектара осушенных сельхозугодий составляла 33–38 центнеров кормовых единиц (цке), в том числе, продуктивность мелиорированной пашни – 43–53 цке. Общий валовой сбор продукции растениеводства составлял до 45%, в том числе кормов до 60%. В ходе комплексной мелиорации земель Белорусского Полесья создавались хозяйства, где предусматривалась производственная и жилая площадь, транспортная инфраструктура, объекты энергетического хозяйства, общественные и торговые помещения, рекреационные зоны [1].

Отличительной чертой мелиоративных водохозяйственных мероприятий, осуществляемых в Белорусском Полесье, является комплексность освоения земель. Проекты гидромелиоративных систем разработаны согласно комплексной схеме использования водных, земельных и лесных ресурсов с учетом обеспечения потребностей субъектов экономики и планов социально-экономического развития региона. Данная схема предусматривала: устройство гидромелиоративных систем двустороннего действия; регулирование стока прудами и водохранилищами; обводнение и увлажнение осушаемых земель; строительство рыбхозов; природоохранные, противопожарные и противозерозионные



В таблице 1 представлены данные, характеризующие мелиоративное освоение земель по состоянию на 01.01.2018 в разрезе административных районов Брестской области.

В Брестской области осушено около 23% всей территории и около 48% сельхозземель, что является одним из лучших показателей в республике. К настоящему времени первоочередной мелиоративный фонд освоен более чем на 80%. Наиболее мелиорированными являются Ивановский (35% от общей площади района), Кобринский (35%), Жабинковский (34%) и Дрогичинский (32%) районы. Наименьшие площади мелиорации в Барановичском (8%) и Каменецком (14%) районах. В Брестской области 387,2 тыс. га земель осушено закрытой регулирующей сетью, что составляет около 50% всей мелиорированной площади. Гончарный дренаж постепенно вытесняется пластмассовым, который применяется на объектах реконструкции и его доля уже превышает 5%.

Таблица 1 – Наличие мелиорированных земель по районам Брестской области на 01.01.2018, тыс. га (по данным ГО «Брестмелиоводхоз»)

| Район             | Общая площадь осушенных земель | из них дренажем | Двустороннее регулирование водного режима | Осушено сельхозземель | Площадь орошаемых земель |
|-------------------|--------------------------------|-----------------|---|-----------------------|--------------------------|
| Барановичский     | 18,4                           | 8,8             | 2,5                                       | 17,4                  | 0,7                      |
| Березовский       | 37,9                           | 28,3            | 16,4                                      | 36,6                  | 0,03                     |
| Брестский         | 27,0                           | 19,7            | 7,0                                       | 24,3                  | 0,6                      |
| Ганцевичский      | 39,8                           | 21,8            | 20,9                                      | 35,7                  | 0,01                     |
| Дрогичинский      | 59,2                           | 35,8            | 16,9                                      | 56,0                  | 0,4                      |
| Жабинковский      | 23,1                           | 21,1            | 7,3                                       | 21,7                  | -                        |
| Ивановский        | 55,3                           | 36,4            | 19,9                                      | 50,9                  | 0,8                      |
| Ивацевичский      | 54,2                           | 23,7            | 20,7                                      | 51,2                  | -                        |
| Каменецкий        | 22,7                           | 14,3            | 4,9                                       | 21,6                  | 1,4                      |
| Кобринский        | 70,0                           | 37,9            | 22,2                                      | 66,0                  | -                        |
| Лунинецкий        | 76,0                           | 28,3            | 31,1                                      | 64,8                  | -                        |
| Ляховичский       | 24,6                           | 16,2            | 7,2                                       | 22,0                  | -                        |
| Малоритский       | 41,8                           | 19,7            | 18,2                                      | 39,3                  | -                        |
| Пинский           | 94,6                           | 28,4            | 40,9                                      | 87,5                  | 0,1                      |
| Пружанский        | 50,0                           | 17,9            | 20,0                                      | 47,4                  | 0,3                      |
| Столинский        | 63,8                           | 24,7            | 27,0                                      | 58,9                  | -                        |
| Всего по области: | 758,4                          | 387,2           | 283,2                                     | 704,0                 | 4,4                      |

Двустороннее регулирование почвенных влагозапасов проводится на площади 283,2 тыс.га, около 37% мелиорированных угодий. Однако доля гарантированного увлажнения достаточно низкая. Преобладает предупредительное шлюзование. Фактически, на большей части осушительно-увлажнительных систем в результате неудовлетворительного состояния регулирующих сооружений (19% от суммарного количества) невозможно проводить даже предупредительное увлажнение путем шлюзования открытой сети.

На площади 40,4 тыс. га эксплуатируются водооборотные мелиоративные системы, на площади 227,8 тыс. га осуществляется машинный водоподъем. Польдерные мелиоративные системы занимают значительные площади, что является отличительной чертой мелиорации в Брестской области от других регионов. Зимние (незатапливаемые) польдеры занимают площадь 208,0 тыс. га.

Площади орошаемых дождеванием земель за последние десятилетия существенно снизились и составляют 4,4 тыс. га, что менее 1% от всей площади мелиорации. Основной причиной уменьшения орошаемых площадей является высокие эксплуатационные затраты, не покрываемые выделяемым из республиканского и местных бюджетов финансированием, и как следствие, выход из строя оросительного оборудования, истечение сроков его амортизации, неудовлетворительное состояние водозаборных сооружений, насосно-силового оборудования и др. Проведенные воднобалансовые расчеты по реальным данным

показывают, что климатические условия Беларуси резко увеличивают потребности в орошении земель, однако в обозримом будущем это не может быть реализовано по финансовым соображениям. В настоящее время территория Белорусского Полесья испытывает череду засух, в течение пяти последних лет подряд, что существенно снижает продуктивность мелиорируемых угодий.

Протяженность осушительной сети в Брестской области составляет 164,2 тыс. км, в том числе на открытые каналы приходится 41,3 тыс. км. В области построены 2,8 тыс. км дамб обвалования, 6,1 тыс. км эксплуатационных дорог, 2,1 тыс. км полезащитных лесополос, 291 насосная станция, 364 шлюза-регулятора, 7662 трубы-регулятора, 794 моста, 13304 трубы-переезда, 2411 пешеходных мостов, 7670 колодцев на закрытой коллекторно-дренажной сети, 83909 дренажных устьев, 728 колодцев для наблюдения за уровнями грунтовых вод[4].

Мелиорация земель в Беларуси ранее осуществлялась в соответствии с пятилетними Государственными программами сохранения и использования мелиорированных земель, в настоящее время – в соответствии с Подпрограммой 8 Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. и отвечает ее основной цели – повышению продуктивности мелиорированных земель за счет проведения мелиоративных мероприятий и осушения высокоплодородных земель. Для достижения этой цели решались задачи по обеспечению оптимального водно-воздушного режима на мелиорируемых землях путем научно обоснованных и финансово обеспеченных эксплуатационных мероприятий. В соответствии с основными направлениями развития мелиорации земель в настоящее время проводится реконструкция технически устаревших мелиоративных систем или их отдельных сооружений, восстановление неработающих систем, проведение работ по эксплуатации ранее построенных гидромелиоративных систем.

Существенное влияние в развитие мелиораций вносит современное потепление климата результатом которого стало перераспределение естественного увлажнения во времени, увеличение повторяемости опасных метеорологических явлений.

Несмотря на имеющиеся сложности, неизбежное старение мелиоративных систем и сооружений, снижение темпов мелиоративного освоения, государством целенаправленно реализуется политика по восстановлению неработающих систем, проведению работ по обеспечению нормативной устойчивости линейных и сетевых сооружений. Техническая эксплуатация, проекты реконструкции и их реализация в настоящее время – практически единственное адекватное средство функционирования мелиоративного и водохозяйственного комплекса Беларуси. Нового строительства мелиоративных систем, как на территории Белорусского Полесья, так и на территории Беларуси, практически нет.

Мелиораторы гордятся своей историей, с оптимизмом смотрят в будущее, передают опыт молодому поколению. В частности, на базе ПМК-19 г. Жабинка в 2014 году создан уникальный по своей сути, не имеющий аналогов на постсоветском пространстве и территории Европы, историко-экспозиционный комплекс, где представлена экспозиция из более 150 видов мелиоративно-строительной техники и музейные экспонаты, характеризующие вехи развития мелиорации в Белорусском Полесье [5]. Двери комплекса всегда открыты для посетителей, здесь также функционирует филиал кафедры «Природообустройство» Брестского государственного технического университета и осуществляется подготовка инженеров-мелиораторов. Специальность «Мелиорация и водное хозяйство» в Республике Беларусь признана остродефицитной. Однако, к сожалению, не пользуется достаточным спросом у абитуриентов. Только высокая квалификация профессорско-преподавательского состава, энтузиазм и самоотдача способны обеспечить высокое качество подготовки специалистов.

## Литература

1. Лукашик, П.И. История мелиорации земель Брестчины/ П.И. Лукашик. – Брест :

Облтипография, 1998. – 180 с.

2. Волчек, А.А. Особенности мелиоративного освоения бассейна реки Ясельда/ А.А. Волчек, О.П. Мешик, Ю.А. Мажайский // Сб.: Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения : Материалы Международной научно-практической конференции. – М. : Изд. ВНИИГиМ, 2020. – Т. 2. – С.11-18. – Режим доступа:<https://doi.org/10.37738/VNIIGiM.2020.73.18.003>.

3. Природообустройство Полесья : Монография/ Ю.А. Мажайский, А.Н. Рокочинский, А.А. Волчек, О.П. Мешик, Е. Езнах. – В 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. – Кн. 1 : Белорусское Полесье. – Т. 2 : Преобразование и использование природных ресурсов. – 503 с.

4. Климович, Н.А. Мелиорация земель в Брестской области: состояние, проблемы, перспективы/ Н.А. Климович, О.П. Мешик // Сб.: Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : Материалы Международной научно-практической конференции. – В 2-х частях. – Брест, 2016. – Ч. I. – С. 42-48.

5. Мешик, О.П. Мелиорация земель как фактор сохранения историко-культурного наследия Полесского региона/ О.П. Мешик // Реставрация историко-культурных объектов в Брестской области как сохранение культурного наследия Республики Беларусь : Материалы научно-технического семинара. – Брест : Издательство БрГТУ, 2019. – С. 48-50.

6. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

7. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

**УДК 631.674.6:620.91**

## **КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ НА СКЛОНАХ ОВРАГА ПАРКОВОЙ ЗОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНА НА ПРИМЕРЕ «ПАТРИАРШИЙ САД» ГОРОДА ВЛАДИМИРА**

*М.И. Голубенко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Заслуженный изобретатель Российской Федерации, г. Владимир*

**Аннотация.** Показано, что одним из основных условий рационального, экологически безопасного использования земельных и водных ресурсов в орошаемом земледелии на склонах является совершенствование оросительной техники.

**Ключевые слова:** *капельное орошение, пологие земли, ирригационная эрозия.*

**Summary.** It is shown that one of the main conditions for the rational, environmentally safe use of land and water resources in irrigated agriculture on slopes the improvement of irrigation technologies.

**Key words:** *drip irrigation, sloping lands, irrigation erosion.*

В современных условиях и в перспективе при создании новых и реконструкции эксплуатируемых, например, в городских парках отдыха и на загородных территориях, где трудно использовать только естественный рельеф местности, и где нужны площадки с ровным покрытием в виде узких террас от вершины до его подошвы, всевозрастающее внимание должно уделяться энергосбережению и разработке компоновочно-конструктивных решений. К таким системам относятся капельное полно-самонапорные оросительные

системы, под которыми понимается системы капельного орошения, функционирующие за счет гидроэнергетического потенциала в рельефных условий территории – напора, создаваемого в ее напорообразующих узлах за счет положительных перепадов высотного положения по отношению к орошаемому участку источника орошения.

Отметим наличие в отечественной гидромелиоративной практике авторских предложений по компоновочно-конструктивным решениям самонапорных оросительных систем, разработанных рядом отечественных специалистов. Но известные разработки как частично, так и полно-самонапорных систем направлены на обеспечение бороздкового и (или) дождевого орошения и не могут использоваться для капельного орошения.

Наряду с этим проблема современной практики развития ирригации испытывает все увеличивающийся дефицит обеспечения ее водных ресурсов.

На рис. 1 показано состояние эрозии почвы при поливе из шланга (с разбрызгивающей головкой).



Рисунок 1 – Эрозия почвы

Анализ и синтез известных предложений в области разработок в области искусственно-напорных (принудительно) напорных капельных систем орошения, в частности для капельного орошения при поливе склоновых земель (агрolandшафта) позволяет сформулировать предложения по компоновочно-конструктивным решениям и методологическим основам проектирования полно-самонапорных («без-наносных» или «внешне-энергозависимых») капельных систем для таких склоновых земель, где склоны оврага от вершины до подошвы склона устраивают каскад террас.

Такие системы капельного орошения могут быть применены на агроландшафтах, характеризующихся наличием перепадов и уклонами между отметками водоисточника и поверхности земли. Данный высотный перепад должен обеспечивать создание необходимого для функционирования систем капельного орошения напора. Таким условиям удовлетворяют участки, в рассматриваемой территории склоновых оврагов с агро-ландшафтом на территории станции юннатов в центральной части города Владимир, Владимирской области (фото, рис. 1). Территория «Патриарший сад» является хорошим примером многоуровневого склонового оврага не замкнутого типа в сторону р. Клязьма. В качестве исходного материала для аналитического исследования рассмотрена данная площадь около 4 га земли, где уникально природа создала склоновый овраг.

На рисунке 2 показано капельное орошение.

Здесь произрастают вишни, яблони, многообразие сортов крыжовника и черной смородины. Кроме того, произрастают сорта декоративных растений и многое разнообразие цветочных видов растений, что в целом делает сад законченным. Имеются многие места для отдыха со своим дизайном, а в центре подошвы оврага расположен многоструйный фонтан. Крутизна склона разбита на террасы от вершины до подошвы, и по всей ее высоте идут широкие бетонные лестницы, что предлагает такому расположению использования

новых разработок полиэтиленовых напорных трубопроводов и поливного капельного орошения (капельных линий) со своими узлами. Благодаря данной территории оврага, он в основном имеет расположение южную и северную склоны сторон, поэтому здесь встречаются многообразие произрастание различных видов растений.



Рисунок 2 – Капельный полив

Поэтому различие температурных перепадов по высоте оврага (порядка 30 м) позволяет выращивать всевозможные растения, встречающиеся в средней полосе России, т.е. выраженные ландшафтные террасовые участки (площадки), которые могут использоваться для предложенных нами новых технических решений, и исключить ручной непроизводительный полив растений шлангами при длительном вегетационном поливе (труд обслуживающего персонала сада достаточно трудоемок) при длительном вегетационном поливе в течение всего летнего сезона, особенно жаркого лета эксплуатации данной территории на данной территории парка. При этом следует отметить, что предложенные компоновочно-конструктивные решения обеспечивают для кустарниковых насаждений, цветочных растений и плодовых растений, укрепление корнями почвы с возможностью промачивания слоя ее и при этом исключения размыва террас почвы при сложившейся естественного рельефа территории, при этом непосредственно сам уровень совместного решения агроландшафтного дизайна, использует технологию прогрессивного капельного орошения на крутых склонах оврага с террасами в зависимости от сезонности года и жаркого лета. При этом стабилизирующие гидрологические условия при разработке в соответствии с крутизной склонов, трудозатраты могут быть сокращены в 3-4 раза. Такой комплексный подход, как полив, так и деконирования превратит парки в цветущий красивый сад для посещения туристов, ознакомительной, экскурсионной, методической, научной, популяризационной и воспитательной деятельности при совмещении и отдыха людей.

Отсутствием помех для работ обслуживающего персонала работников парка, сохранения поверхности террас на склонах оврага с поливом малыми поливными нормами для различных растений парка, должно рассматриваться апробированная технология принятия проектных решений, а в процессе исследования должны рассматриваться и узловые вопросы разработки проектов полносамонапорных капельных оросительных систем.

В разработке проекта самонапорной капельной такой оросительной системы реализуются в два этапа: 1 – разработка обосновывающих материалов; 2 – проведение проектно-изыскательских работ. Не останавливаясь подробно на описании данных этапов, отметим, что при разработке таких планов полно-самонапорных оросительных систем склоновых оврагов рассматривается поярусное вдоль склоновое размещение террасовых участков (площадок) в составе всей оросительной системы, а значит, и локальная компоновочное технологического оборудования.

Выбор наиболее приемлемой компоновочно-конструктивной семы системы определяется расположением орошаемых участков террасирования и самих насаждений с учетом рельефных, почвенных, фенологических, хозяйственных, экономических и других условий при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Расчетные значения водопотребления растений на предварительных стадиях проектирования могут определяться по известным методикам и расчетным зависимостям.

Следует отметить, что обязательным инженерным компонентом самонапорной капельной системы является водозаборный узел, обеспечивающий изъятие оросительной воды из водного объекта, являющегося источником орошения. В качестве водного источника на данном объекте «Патриарший сад» является городской водопровод на прилегающей территории города Владимир, так как сам парк расположен в центральной части города (фото, рисунок 2). Расположение в центральной исторической части города, у данного сада (станция юннатов), имеется большая потребность в техническом развитии, в частности, разработки принципиальных схем таких компоновочно-конструктивных решений, функционирующих в рельефных условиях территории-напора по отношению к орошаемому участку источника орошения.



Рисунок 3 – Обслуживание и наладка системы

При проектировании технологического оборудования должны решаться, вопросы по очистке поливной воды в узле водоподготовки, давления (напора) воды в узле водораспределения и в поливном трубопроводе (поливная лента) с учетом соответствовать требуемой равномерной подаче расходов воды по длине при минимизации потерь напора воды и увязке напоров в трубопроводной сети системы от напора на наиболее удаленной капельнице, т.е. это связано с удалением последней капельницы от начала напора в голове трубопровода (водозабора), отсюда и назначаются многие параметры инженерно-технологических средств оросительной системы.

Основная цель работы заключалась в необходимости модернизации имеющейся системы полива растений на первом этапе испытаний предложенной системы капельного полива: кустарниковых насаждений, цветочных и плодовых садов. В связи с этим в качестве пилотного проекта предложено внедрение системы капельного полива склонового характера при проектировании противоэрозионных технологий на склонах, где основой является карта эрозионно-опасных земель, а критерием применения технологии служит, не допустимы смыв почвы на террасах склона. Кроме того, вне зависимости от источника воды, встраивается стандартный для этой системы водяной фильтр тонкой очистки, счетчик холодной воды, измеритель давления воды, управляемые шаровые краны и т.п., а в конце поливной линии снабжают сбросным шаровым краном на промыв или на выпуск воды из системы полива.

При проектировании на таких сложных рельефах местности, как склоновый овраг с террасами, метод открытого капельного полива и его конструктивная привязка для реализации могут быть осуществлены с учетом различных типов растений, которые потребляют определенное количество воды, что вызывает необходимость регулирования ее подачи при капельном орошении на склонах оврага с террасами парковой зоны, и учитывать ландшафтный дизайн парковой зоны.

Исследования и разработки в области техники и технологий ресурсосберегающих способов орошения (капельного), проведены многими учеными и конструкторами научных организаций (на которых здесь не останавливаемся).

Конструктивная реализация такого подхода ресурсосберегающей оросительной техники представлена в результате патентного поиска и тщательный анализ большого количества научной литературы, что позволили сделать вывод о том, что необходимо создавать новые технические решения перспективных запатентованных технических решений, где можно было бы выполнять в основном все агротехнические мероприятия по защите растений, внесение удобрений и уход за растениями на пример «Патриарший сад» города Владимир. Предложенные низконапорные системы капельного орошения имеют широкие функциональные возможности к комплексному подходу на склоновых рельефа оврага (фото, рис. 3). Успешно проведены производственные испытания опытного участка полива цветочных растений на террасе оврага.

### **Выводы**

1. В определенных рельефных условиях крутосклонных территорий с террасами целесообразно применение самонапорных систем капельного орошения, функционирующих за счет напора воды, образующегося в трубопроводной сети за счет падения отметок местности с уровнем воды, и связано с напором в источнике орошения до поверхности земли на орошаемых угодьях.

2. До настоящего времени в отечественной гидромелиоративной практике, именно при поливе склоновых оврагов отсутствует опыт проектирования самонапорных капельных систем с ярусным террасированием трассы полива (по склону), каким является пример «Патриарший сад» города Владимир, не смотря на потребность в создании. Отсюда можно предложить компоновочно-конструктивные решения напорных ярусных систем капельного орошения.

3. Разработка самонапорных капельных систем может быть осуществлена при наличии и применении соответствующей методологии их проектирования, предусматривающей использование широкого спектра применяемых предложенных разрабатываемых методик и рекомендаций. Приведённые в статье рекомендации компоновочных схем капельного орошения позволяют использовать системы капельного орошения полевых угодий, кустарниковых насаждений, цветочных и плодовых растений. Локальный характер увлажнения почвы при капельном орошении предопределяет расчет влагозапасов непосредственно по контуру увлажнения. Правильный расчет влагозапасов в почве позволяет установить оптимальные сроки и нормы проведения полива таких растений.

### **Литература**

1. Исследование траектории движения капель дождевальными машинами/ Г.К. Рембалович, А.И. Рязанцев, М.Ю. Костенко и др. // Вестник РГАТУ. – № 4 (40). – 2018. – С. 138-142.

2. Анализ дождевальных установок для орошения рассады/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 369-372.

**ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ МЕЛИОРАТИВНЫХ  
ОБЪЕКТОВ МАКЕЕВСКИЙ МЫС И НИКИТСКОЕ***О.А. Захарова<sup>1</sup>*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Для достижения этой цели были проанализированы отчеты ВНИИГиМ за 1960–2005 годы и проведены собственные исследования в 2015–2020 годах. Методология исследования была общепринятой. Мелиоративные участки почвы использовались в сельском хозяйстве с 1960-х по 2000-е годы. Спад также прогрессирует из-за прекращения финансирования мелиоративных программ. Проведена сравнительная оценка современного мелиоративного состояния Макеевского мыса и Никитского Клепиковского района Рязанской области в результате интенсивной мелиорации ландшафтов за 70-летний период работы дренажной системы (осушение и увлажнение). Дальнейшее ухудшение морфологических и физических свойств мелиорированных торфяных почв Рязанской Мещеры прослеживается на примере двух объектов Макеевского мыса и Никитского, несмотря на частичное прекращение антропогенного вмешательства, так как дренажная сеть, несмотря на ее неудовлетворительное состояние, оказывает на них значительное влияние.

**Ключевые слова:** торфяные почвы, мелиорация, истощение торфа

**Summary.** To achieve this aim, the VNIIGiM reports for 1960–2005 were analyzed and own research took place in 2015–2020. The research methodology was generally accepted. Soil reclamation sites were used in agriculture since the 1960s to the 2000s. The decline is also progressing due to the cessation of funding for land reclamation programs. Comparative evaluation of the modern ameliorative state of Makeevskiy cape and Nikitskoe, Klepikovskiy district of Ryazan region as a consequence of intensive landscapes reclamation for the 70-year period of the drainage system (drying and moisturizing) revealed. The further deterioration of the morphological and physical properties of the reclaimed peat soils of Ryazan Meschera is traced by the example of two facilities of Makeevskiy Cape and Nikitskoe, despite partial cessation of anthropogenic interference, since the drainage network, despite its poor condition, has significant effect on them.

**Keywords:** peat soils, land reclamation, peat depletion

Постепенно осушенные в 1950-х гг. торфяники Рязанской Мещеры при введении их в сельскохозяйственный оборот преобразовывались в гумусовые агроземы [2, с. 43]. Но после распада СССР участки, занятые под пашни, сенокосы и пастбища, к сожалению, использовались лишь 10%. На сегодняшний день земли заросли разнотравьем [2, с. 42] (рисунок 1). Мелиоративные объекты Макеевский мыс и Никитское построены в Клепиковском районе с использованием гончарного дренажа [3, с. 423], [5, с. 77]. Обзор литературы и проведенный автором совместно с сотрудниками ВНИИГиМ мониторинг почв мелиоративных объектов в 2015–2020 гг. выявил деградационные процессы, которые могут сократить их долговечность.



Рисунок 1 – Укладка гончарного дренажа в 1950-х гг. и мониторинговое обследование магистральных каналов мелиоративных объектов Макеевский мыс и Никитское

Цель исследований – расчет долговечности осушенных торфяных почв мелиоративных объектов Макеевский мыс и Никитское. Оба объекта расположены в пойме р. Пры на низинных торфяно-болотных почвах, подстилаемых оглееными мелко- и среднезернистыми песками [8, с. 931]. Объект исследований – низинные торфяные почвы длительного срока осушения. Площади каждой из осушительных систем до 20 га, мониторинг проводился на участках по 5 га.

Научная новизна исследований заключалась в теоретическом вкладе в сложившиеся представления о долговечности осушенных торфяных почв при почти 70-летнем мелиоративном воздействии.

Региональный мониторинг проведен учеными из ВНИИГиМ (п. Солотча) с конца 1950-х гг., а с 2015 г. приняли участие ученые Рязанского ГАТУ. Позднее данные были обобщены с введением вновь полученных результатов по итогам собственных наблюдений и расчетов [7, с. 3]. Площадь обследуемых осушительных систем с прилегающими местностями с УГВ в среднем за вегетацию 1,2 м в сухие годы и 0,9 м во влажные. Во влажные годы или после ливневых осадков УГВ мог подниматься до 0,0...0,5 м [4, с. 18].

Для всех лет исследований рассчитаны гидротермические коэффициенты (ГТК), по которым получена кривая тепловлагообеспеченности с широким диапазоном изменений. Наличие засушливых лет было отмечено на начало 1990-х гг. в регионе в 35% случаев, сейчас гораздо чаще засухи, почвенная и атмосферная засухи, что являлось причиной снижения УГВ. Почти каждый год горел торф [8, с. 930], что в экстремальные годы приобретало масштабный характер.

Мелиоративные исследования проводились в аналитической лаборатории ВНИИГиМ и на кафедре агрономии и агротехнологий РГАТУ по общепризнанным методикам.

Долговечность торфяных почв определялась по формуле А.С. Бут-Гусаима:

$$t = \frac{\ln\left(1 - \frac{H_0 - H_{\min}}{AH_0}\right) + a(z + q)}{b(z + q)}, \quad (1)$$

где  $t$  – долговечность торфяника, лет;  $H_0$  – начальная (до осушения) мощность слоя торфа, м;  $H_{\min}$  – минимальная мощность торфа, ниже которой он прекращает существование как разновидность почвы ( $H_{\min}$  0,2 м),  $A$  – коэффициент плотности, являющийся функцией объемной массы твердого вещества торфа или его степени разложения и влажности;  $z$  – норма осушения почв, см;  $q$  – среднее превышение уровня грунтовых вод над дном каналов и дренажей, равное 0,2-0,4 м;  $a$  – коэффициент скорости осадки в первом году осушения, 1/м;  $b$  – коэффициент скорости осадки торфа в последующие годы 1/м в год.

Порозность почвы  $\varepsilon$  как соотношение объема пор почвы к объему всей почвы вычислялась по величинам плотности почвы и твердой фазы почвы:

$$\varepsilon = (V_t - V_s) / V_t = 1 - (V_t / V_s) = 1 - \frac{ps}{ms} = 1 - \frac{ps}{pb}, \quad (\text{см}^3 / \text{см}^3), \quad (2)$$

где  $V_t$  – объем почвенного монолита;  $V_s$  – объем твердой части почвы в составе этого монолита;  $ms$  – масса почвы;  $pb$  – плотность твердой фазы почвы;  $ps$  – плотность почвы.

При расчете ежегодной сработки торфа пользовались формулой:

$$h_c = \frac{A}{B^x} + C, \quad (3)$$

где  $h_c$  – сработка торфа, см/год,  $x$  – показатель степени, напрямую связанный с временем, прошедшим после осушения болота,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – величина, зависящая от вида сельскохозяйственного использования земель.

Отношение органического вещества к минеральному торфу, в зависимости от продолжительности осушения рассчитывалось по формуле В.М. Зубца, В.И. Дубравы:

$$\frac{\gamma_{op}}{\gamma_m} = \frac{20}{\sqrt{T+5}}, \quad (4)$$

где,  $\gamma_{op}, \gamma_m$  – вес органического и минерального вещества в единице объема торфа через  $T$  лет, г/см<sup>3</sup>

Зольность торфа в пахотном слое, в зависимости от длительности осушения, получена при расчете по уравнению В.М. Зубца, В.И. Дубравы:

$$A = \frac{3\sqrt{0,2T+1}}{a_0 + 3\sqrt{0,2T+1}} \quad (5)$$

где,  $a_0$  – отношение органического вещества к минеральному до осушения.

Формула применима при продолжительности осушения до 50 лет ( $T \leq 50$ ) и  $11 \leq a_0 \leq 15$ . При расчете введен поправочный коэффициент, учитывая более длительный срок мелиоративных мероприятий на объектах. Органическое вещество рассчитано по модификационной методике «Инсторфа». Программа Statistica 10 позволила подтвердить достоверность полученных результатов исследований [1, с. 441].

Прослеживая динамику почвообразовательного процесса за длительный период, в слое 0–30 см наблюдалось увеличение плотности почв до 10%, что повлекло снижение порозности на 2...3%, что объяснимо действием разных факторов, но в первую очередь, по нашему мнению, сработкой торфа.

Волокно торфа преобразовалось практически повсеместно в гумусообразную пылеватую массу, что вызвало сокращение мощности торфа. Зольность торфа в 1965 г. составляла в среднем по двум объектам 7,65%, 1995 г. – 9,88% под многолетними травами и 11,64% под пропашными, 2020 г. – 10,2% под разнотравьем [4, с. 343]. То есть изменение зольности торфа можно описать сигмоидальной кривой, что свидетельствует о возвращении мелиорированных почв к исходному. На это был сделан акцент в трудах академика Маслова Б.С. (2000) и озвучено в программе «Концепция развития гидромелиорации сельскохозяйственных земель России на 2010–2015 годы и на периоды до 2020 и 2025 годов»: «Высокая степень изношенности мелиоративных систем (60–70%) фактически означает, что мелиорируемые земли свои задачи не выполняют и будут выбывать из оборота...». Сработка торфа на объекте Макеевский мыс в 1995 г. под многолетними травами в среднем была 1,0-1,1 см в год, под пропашными 2,0-2,2 см в год, а в 2015–2020 гг. под разнотравьем до 0,8 см. На объекте Никитское эти показатели аналогичны при  $\sigma=1,65\%$ . Приведенные величины соответствовали градации от хорошо разложившегося торфа до гумифицированной массы.

Учитывая произошедшие за длительный срок изменения, сохранность почв мелиоративных объектов нарушена. Факты исчезновения торфяных почв отмечены в Новгородской области, Предуралье, в Республике Беларусь.

Долговечность торфяных почв можно научно обосновать и рассчитать, а результаты использовать при реконструкции осушительной системы и рациональном использовании почв [3, с. 44].

На графике (рисунок 2) теоретически сработка торфа и утрата плодородия показана в отрицательных величинах. Прогноз долговечности почв объектов благоприятный: Макеевский мыс  $t = 122$  года, Никитское  $t = 112$  года.

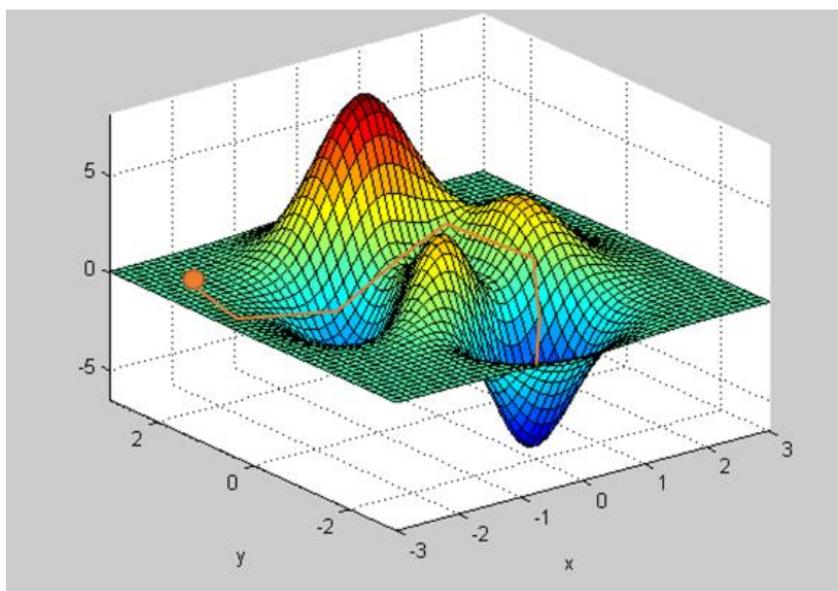


Рисунок 2 – Прогноз изменения мощности торфяного слоя

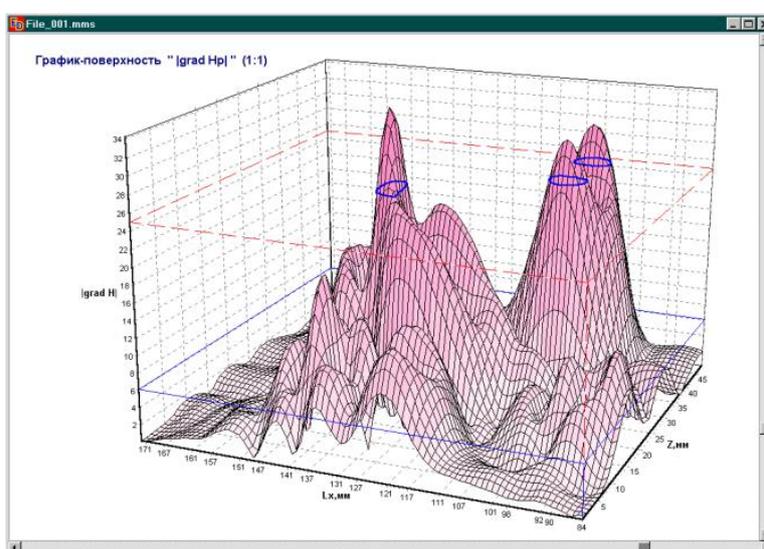


Рисунок 3 – Прогностический трехмерный график деградации осушенных почв

Учитывая, что с 1990-х гг. мелиорированные земли не используются в производстве, величина  $t$ , как можно предположить, не будет снижаться.

Отмечено разрушение органического вещества в 1995 г. под многолетними травами в 7-8, под пропашными – 11-12 т/га в год [5, с. 108], сейчас процесс стабилизировался на теоретической отметке 1,2 т/га под разнотравьем.

Построение трехмерных программ Statistica 10 с целью прогноза дальнейших преобразований почвы (рисунок 3) выявило пики кривых суммарной деградации [6, с. 202], которые свидетельствуют о дальнейших негативных изменениях осушенных торфяных почв.

Для обеспечения нормативного водного режима и снижения прогрессирующей деградационных процессов торфяных почв объектов Макеевский мыс и Никитское необходимы мероприятия по реконструкции и капитальному ремонту осушительной системы. Высокая урожайность разнотравья естественных лугов на осушаемых площадях может быть хорошей кормовой базой животноводства. Для примера, мелиорированные торфяники объекта Тинки-II (п. Полково) заняты посевами вико-овсяной травосмеси с последующей переработкой на сенаж. Но для этого, конечно, необходим поиск финансирования восстановительных мероприятий и заинтересованность работников отрасли.

## Литература

1. Боровиков, В.П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере/ В.П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
2. Виленский, Д.Г. Систематическое описание почв Мещерской низменности/ Д.Г. Виленский и др. // Исследование природных условий сельского хозяйства Мещерской низменности. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – С. 42-48.
3. Зайдельман, Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов/ Ф.Р. Зайдельман. – М. : КДУ, 2009. – 720 с.
4. Захарова, О.А. Характеристика грунтовых вод на мелиорированном агроландшафте/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Вестник РГАТУ. – 2016. – № 2 (30). – С. 18-22.
5. Захарова, О.А. Режим органического вещества в мелиорированной почве/ О.А. Захарова, Я.В. Костин. – Рязань : РГАТУ, 2013. – 116 с.
6. Захарова, О.А. Ресурсосберегающая технология восстановления деградированных почв/ О.А. Захарова. – Рязань, 2004. – 262 с.
7. Зоткин, В.П. Изменение свойств торфяной почвы в зависимости от интенсивности использования / ЦНТИ / В.П. Зоткин, Т.А. Зоткина. – Рязань, 1993. – 3 с.
8. Ushakov, R.N. Sustainability of Agro-Gray Soil to Pollution and Acidification, and its Biodiagnostics/ R.N. Ushakov, A.V. Ruchkina, V.I. Levin and al // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – № 7 (4.36). – Pp. 929-934.
9. Состояние осушительных систем Рязанской области на примере межхозяйственной мелиоративной системы «Прогресс» Щацкого района/ А.В. Кузин, С.А. Морозов, С.Н. Афиногенова и др. // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 247-254.

УДК: 631.6.03:631.861

## СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОКОМПОСТОВ

*А.В. Ильинский<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ, Мещерский филиал, г. Рязань

**Аннотация:** На современном этапе необходимо обеспечить решение экологических вопросов, связанных с использованием органических отходов в сельском хозяйстве, поскольку без должного научного обоснования их неконтролируемое применение может привести к загрязнению почв и грунтовых вод поллютантами, получению некачественной растениеводческой продукции. Экспериментальные исследования показали, что при проведении мелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия деградированной дерново-подзолистой супесчаной почвы с использованием рекомендуемых доз внесения эфлюента и биокомпоста, содержание микроэлементов в инфильтрационной воде соответствуют требованиям санитарно-гигиеническим нормативов, предъявляемым к водному объекту хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также к нормативам для оросительной воды.

**Ключевые слова:** биокомпост, инфильтрационные воды, макроэлементы, мелиорант, органические отходы, сельское хозяйство, тяжелые металлы, экология.

**Summary:** At the present stage, it is necessary to ensure the solution of environmental issues related to the use of organic waste in agriculture, since without proper scientific justification, their uncontrolled use can lead to contamination of soils and groundwater with pollutants. Studies have shown that when carrying out reclamation measures to restore the fertility of degraded sod-podzolic

soils using recommended doses of effluent and biocompost, the content of trace elements in the filtration water meets the requirements of sanitary and hygienic standards for a water object of economic, drinking and cultural water use, as well as standards for irrigation water.

**Keywords:** *biocompost, infiltration water, macronutrients, ameliorant, organic waste, agriculture, heavy metals, ecology.*

Для получения гарантированных экологически безопасных урожаев сельскохозяйственных культур и восстановления плодородия деградированных мелиорированных почв должны активно применяться передовые агромелиоративные приемы [1–4]. На современном этапе развития цивилизации особую актуальность в решении вопроса восстановления плодородия деградированных почв и повышения их экологической устойчивости приобретает проблема разработки современных многофункциональных высокоэффективных органоминеральных мелиорантов пролонгированного действия на основе природных материалов, в том числе и органических отходов, содержащих большое количество аккумулированной энергии [5–7]. Использование органических отходов в качестве нетрадиционных удобрений в сельском хозяйстве позволяет обеспечить поступление в почву органического вещества и элементов минерального питания в доступных для растений формах [8–10]. Возникла потребность в экологической оценке применения органических отходов в сельском хозяйстве для воспроизводства почвенного плодородия и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также в разработке рекомендаций по нормам и срокам их внесения в почву, поскольку без должного научного обоснования их неконтролируемое применение может привести к загрязнению почв и грунтовых вод поллютантами, накоплению нитратов, снижению их биологической активности, получению некачественной растениеводческой продукции [11–12]. Решение экологических задач, связанных с утилизацией органических отходов, с их преобразованием во вторичные ресурсы и дальнейшем применении их в земледелии, становится успешным лишь при участии широкого круга специалистов, работающих в различных областях науки и практики, а также при поддержке органов государственной власти и инвестиционных организаций [13–14].

Изучение эффективности применения новых многокомпонентных органоминеральных мелиорантов, полученных на основе биокомпостов для восстановления плодородия почв и повышения продуктивности деградированных мелиорированных земель выполнено в модельном лизиметрическом эксперименте на опытной базе Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». Цель исследований заключалась в изучении влияния эфлюента и биокомпоста на концентрацию макро- и микроэлементов в грунтовых водах. Предусматривались следующие варианты лизиметрического опыта: 1) почва без внесения удобрений и мелиорантов (контроль); 2) почва с внесением минеральных удобрений в дозе N60P60K60 (N60P60K60); 3) почва с внесением эфлюента 10 т/га (Э 10,0 т/га); 4) почва с внесением биокомпоста 10 т/га (Б 10,0 т/га). Дозы внесения эфлюента и биокомпоста для восстановления плодородия деградированных почв установлены на основе результатов ранее проведенных исследований [15–16] и с учетом рекомендаций, изложенных в ГОСТ 33380-2015 и ГОСТ 55570-2013.

В качестве тест-культуры использованы многолетние травы (овсяница луговая, райграс пастбищный, клевер красный и белый, кострец, мятлик луговой) под покровом однолетних трав ( вико-овсяная смесь). Техника постановки лизиметрического опыта (посев семян, уход за растениями, наблюдения, учет и уборка урожая) осуществлялась в соответствии с методиками, принятыми в научных и учебных учреждениях сельскохозяйственного профиля [17]. Продолжительность эксперимента 2,5 месяца.

Результаты изучения влияния испытываемых мелиорантов на концентрацию макро- и микроэлементов в инфильтрационных водах лизиметрического опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание макро- и микроэлементов в инфильтрационной воде лизиметрического опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве

| Показатель                  | Номер вариант опыта |         |         |         | ПДК <sub>хп</sub> */<br>ПДК <sub>ов</sub> ** |
|-----------------------------|---------------------|---------|---------|---------|--|
|                             | 1                   | 2       | 3       | 4       |  |
| рН                          | 7,0                 | 6,8     | 7,3     | 7,2     | 6,5-8,5/>6,5                                 |
| Массовая концентрация, мг/л |                     |         |         |         |  |
| нитрат-ион                  | 0,82                | 0,53    | 0,59    | 0,50    | 45/-   |
| фосфат-ион                  | 16,5                | 18,7    | 16,9    | 18,6    | -  |
| калий                       | 12,4                | 17,6    | 17,7    | 18,3    | -  |
| медь                        | 0,0013              | 0,0015  | 0,0023  | 0,0022  | 1,0/0,2                                      |
| цинк                        | 0,017               | 0,021   | 0,023   | 0,021   | 1,0/1,0                                      |
| свинец                      | 0,0004              | 0,0009  | 0,0019  | 0,0017  | 0,01/0,03                                    |
| кадмий                      | 0,00005             | 0,00007 | 0,00012 | 0,00011 | 0,001/0,01                                   |

Анализ результатов исследований химических характеристик проб инфильтрационной воды, отобранных из карманов лизиметров на завершающем этапе вегетационного периода показал, что на всех вариантах опыта изучаемые параметры соответствуют требованиям санитарно-гигиеническим нормативов, предъявляемым к водному объекту хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также к нормативам для оросительной воды.

Сравнение содержания химических показателей в инфильтрационной воде на вариантах 3 и 4 лизиметрического опыта показало, что вода имеет немного более щелочную реакцию в сравнении с контрольным вариантом; содержание нитратов на 0,23 мг/л и 0,32 мг/л ниже, чем на контроле, а фосфатов на 0,4 мг/л и 2,1 мг/л и калия на 5,3 мг/л и 5,9 мг/л выше, чем на контроле, соответственно. На вариантах 3 и 4 содержание меди на 0,0010 мг/л и 0,0009 мг/л выше, чем на контроле; содержание цинка выше на 0,006 мг/л и 0,004 мг/л; свинца – на 0,0015 мг/л и 0,0013 мг/л; кадмия – на 0,00007 мг/л и 0,00006 мг/л выше, чем на контроле, соответственно. На вариантах лизиметрического опыта с внесением в дерново-подзолистую супесчаную почву минеральных удобрений (N60P60K60), эффлюента и биокомпоста в дозах 10 т/га содержание в инфильтрационной воде исследованных тяжелых металлов соответствуют требованиям санитарно-гигиенических нормативов и нормативам для оросительной воды.

### Литература

1. Евсенкин, К.Н. Основные приемы комплексной мелиорации для восстановления плодородия сработанных торфяных почв/ К.Н. Евсенкин // Итоги перспективы развития агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции. – Солонное Займище : ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020. – С. 342-347.
2. Захарова, О.А. Мониторинг осушаемых объектов на территории Рязанской Мещеры с использованием дронов/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы Международной научно-практической конференции (9 апреля 2020 года, г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ). – Рязань : Издательство ИП Жуков В.Ю., 2020. – С. 125-129.
3. Пыленок, П.И. Экологические особенности функционирования мелиорируемых агроландшафтов/ П.И. Пыленок // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы Международной научно-

\* По данным СанПиН 2.1.5.980-00 и ГН 2.1.5.1315-03.

\*\* ПДК в оросительной воде, по данным С.Я. Бездновой [18].

практической конференции (9 апреля 2020 года, г. Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ). – Рязань : Издательство ИП Жуков В.Ю., 2020. – С. 392-395.

4. Особенности трансформации осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв при длительном сельскохозяйственном использовании/ В.А. Шевченко, А.В. Нефедов, А.В. Ильинский, А.Е. Морозов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 3. – С. 25-28.

5. Ильинский, А.В. Обоснование необходимости повышения плодородия мелиорированных аллювиальных почв АО «Московское»/ А.В. Ильинский, А.В. Нефедов, К.Н. Евсенкин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 44-48.

6. Данчеев, Д.В. Некоторые аспекты применения органических отходов урбанизированных территорий для решения вопросов восстановления плодородия деградированных почв и улучшения экологической ситуации/ Д.В. Данчеев, А.В. Ильинский // Сб.: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования : Материалы III Международной научно-практической Интернет-конференции. – 2018. – С. 97- 101.

7. Данчеев, Д.В. К проблеме использования органических отходов урбанизированных территорий при решении вопросов рационального природопользования/ Д.В. Данчеев, А.В. Ильинский // Сб.: Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК : Материалы Международной научно-практической конференции. – М. : Изд. ВНИИГиМ, 2017. – С. 184-187.

8. Виноградов, Д.В. Экология агроэкосистем/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев. – Рязань : ИП Жуков В.Ю., 2020. – 256 с.

9. Природопользование и устойчивое развитие биосферы/ Д.В. Виноградов, Р.Т. Турекельдиева, А.В. Ильинский, С.Т. Дуйсенбаева. – Рязань, 2020. – 164 с.

10. Ильинский, А.В. Некоторые аспекты применения осадков сточных вод для реабилитации деградированной земель/ А.В. Ильинский, В.Н. Сельмен // Сб.: Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : Материалы Международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 100-101.

11. Эколого-агрохимические свойства и эффективность верми- и биокомпостов/ В.Г. Сычев, Г.Е. Мерзлая, Г.В. Петрова и др. – М. : ВНИИА, 2007. – 276 с.

12. Ильинский, А.В. Обоснование экологически безопасного использования осадков сточных вод канализационных очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства/ А.В. Ильинский, К.Н. Евсенкин, А.В. Нефедов // Агрохимический вестник. – 2020. – № 1. – С. 60-64.

13. Данчеев, Д.В. О роли решения задач, связанных с утилизацией органических отходов урбанизированных территорий, в преодолении вызовов экологической безопасности/ Д.В. Данчеев, А.В. Ильинский // Сб.: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции (Международные Бочкаревские чтения), посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКСР, академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В.– Рязань, 2019. – С. 339-342.

14. Панов, С.Ю. Разработка научных основ технологии утилизации пищевых отходов методом анаэробного сбраживания/ С.Ю. Панов, А.А. Чернецкая, А.В. Жучков, А.Н. Рязанов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – № 4. – С. 201.

15. Ильинский, А.В. Влияние применения эффлюента на структуру урожая ячменя при реабилитации деградированной аллювиальной почвы/ А.В. Ильинский, Г.В. Побединская, В.А. Игнатенок // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса. – М. : Изд. ВНИИГиМ, 2020. – С. 77-83.

16. Ильинский, А.В. Влияние различных доз внесения эффлюента на урожай ячменя/ А.В. Ильинский // Сб.: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития :

Материалы Международной научной экологической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – С. 551-554.

17. Практикум по агрохимии. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

18. Безднина, С.Я. Экологические основы водопользования/ С.Я. Безднина. – М. : ВНИИА, 2005. – 224 с.

УДК 631.6:626/627

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА ПОИСКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ДИФFUЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*И.И. Конторович<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИГиМ, Волгоградский филиал, г. Волгоград

**Аннотация:** в статье приведено описание проблемной ситуации по снижению диффузной нагрузки на водные объекты и основные результаты разработки Базы данных «Технологии и технические средства для защиты водных объектов от диффузного загрязнения». База данных содержит информацию о 267 изобретениях, в том числе по следующим направлениям: агротехнические мероприятия; агромелиоративные мероприятия; гидротехнические мероприятия; прогнозы талого стока, мониторинг загрязнения водных объектов; законодательно-нормативные документы по диффузному загрязнению водных объектов.

**Ключевые слова:** *диффузный сток, сток талых вод при снеготаянии, сток ирригационных вод поверхностный, подземный сток, дренажный сток, диффузное загрязнение водных объектов, технические решения, база данных.*

**Summary:** the article describes the problem situation of reducing the diffuse load on water bodies and the main results of the development of the Database "Technologies and technical means for protecting water bodies from diffuse pollution". The database contains information on 267 inventions, including in the following areas: agrotechnical measures; agromeliorative measures; hydrotechnical measures; forecasts of meltwater runoff, monitoring of water pollution; legislative and regulatory documents on diffuse water pollution.

**Key words:** *diffuse flow, snowmelt flow, surface irrigation water flow, underground flow, drainage flow, diffuse water pollution, technical solutions and database.*

Потребность решения проблемы диффузного загрязнения водных объектов возникла в 60 – 80 годах прошлого столетия, когда достаточно успешные научные и практические результаты различных природоохранных проектов по защите водных ресурсов от негативного воздействия точечных источников загрязнения не привели к существенному улучшению качества воды. Одна из причин – отсутствие учета и реализации защитных мероприятий от негативного влияния на водотоки и водоемы неточечных или диффузных источников загрязнения. По мнению В.И. Данилова-Данильяна [1] в Европе, Северной Америке и в Японии считается, что соотношение между загрязнением из точечных и неточечных источников составляет примерно 50:50, в Российской Федерации – 65:35 в пользу диффузного загрязнения. К основным причинам появления такой оценки для РФ следует отнести [1–3]: 1) низкая эффективность сельскохозяйственного производства при менее строгом обращении с хранением и применением удобрений и пестицидов; рассредоточенный сток с селитебных территорий и животноводческих комплексов; 2) отсутствие в малых и в большинстве средних городах, ливневой канализации; 3) отсутствие или использование примитивной ливневой канализации на промышленных предприятиях; 4) недостаточная природоохранная эффективность создания и эксплуатации

полигонов для захоронения (и хранения) отходов, отвалов горных пород, хвостохранилищ, золохранилищ, шламохранилищ, шлакохранилищ; 5) наличие несанкционированных свалок и др.

В настоящее время решением проблемы диффузных источников загрязнения водных объектов в РФ занимаются более 20 научно-исследовательских организаций. Среди них: Институт водных проблем РАН (Болгов М.В., Боренбойм Г.М., Венцианов Е.В., Данилов-Данильян В.И., Демин А.П., Кирпичникова Н.В., Кочерян А.Г.), Всероссийский НИИ агролесомелиорации (Барабанов А.Т., Гаршенев Е.А., Жданов Ю.М., Кулик К.Н., Панов В.И.), Гидрохимический институт Росгидромета (Никоноров А.М., Хоружая Т.А.), Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева (Бунина Н.П., Глазунова И.В., Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Сметанин В.И., Шабанов В.В.), Институт водных и экологических проблем СО РАН (Михайлов С.А.), Институт экологии Волжского бассейна РАН (Беспалова К.В., Розенберг Г.С., Селезнев В.А., Селезнева А.В.), Институт географии РАН (Вишневская И.А., Коронкевич Н.Н., Шилькрот Г.С., Ясинский С.В.), ВНИИГиМ (Бубер А.Л., Бубер А.А., Добрачев Ю.П., Кирейчева Л.В., Коломийцев Н.В., Конторович И.И., Лентяева Е.А., Райнин В.Е., Стрельбицкая Е.Б., Супрун В.А., Яшин В.М.), Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт (Ивонин В.М., Ищенко А.В., Полуэктов Е.В., Тесаловская М.В.), РосНИИПМ (Балакай Г.Т., Балакай Н.И., Бабичев А.Н., Щедрин В.Н.), а также Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Институт озероведения РАН, Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН и др.

В рамках приоритетного проекта «Сохранение и предупреждение загрязнения Волги» (утвержден президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам, протокол от 30 августа 2017 г., № 9), реализуемого в 2017–2025 годах, в настоящее время осуществляются наиболее крупные научно-исследовательские работы по рассматриваемой проблеме. Данный проект связан со следующими государственными программами:

- Государственная программа «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 322);

- Государственная программа Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 314);

- Государственная программа «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 323);

- Государственная программа «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 326);

- Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 19.04.2012 г. № 350);

- Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2013 г. № 992).

Практической реализации результатов НИР перечисленных выше и других организаций (например, при разработке теории процесса, концепции, технологий, технических решений, мероприятий по снижению загрязнения водных объектов диффузным стоком и т. д.) существенно препятствуют следующие обстоятельства [4–8 и др.]:

- в настоящее время существует пробел в отечественном законодательстве, в рамках которого термины «диффузный (неточечный) сток», «диффузное (неточечное) загрязнение водных объектов» не имеют однозначных и общепризнанных определений. Отсутствуют

нормативные, правовые и нормативно-технические документы по регулированию диффузного загрязнения;

- несмотря на достаточную продолжительность исследований и разработок проблемы диффузного загрязнения водных объектов в России, признается слабая изученность процесса формирования диффузного стока;

- решение проблемы диффузных загрязнений не может быть получено в условиях отсутствия в стране развитой системы мониторинга водных объектов с широкой наблюдательной сетью, при автоматизации процессов сбора, обработки и передача информации.

Одной из целей совершенствования адаптивно-ландшафтных систем земледелия, включая совершенствование конструкций гидромелиоративных систем, является предотвращение и/или снижение до допустимых пределов негативного воздействия диффузного загрязнения на все компоненты природно-территориальных комплексов и повышение на этой основе уровня экологической безопасности и в целом эффективности сельскохозяйственных мелиораций.

Под термином «Утилизация диффузного стока» будем понимать технологический процесс, реализуемый в пределах намеченного интервала времени и обеспечивающий с помощью комплекса технических и техно-природных объектов выполнение в необходимом наборе и комбинации следующих операций: транспортирование, аккумуляция, обработка и использование собственно диффузного стока, а также продуктов его обработки в отраслях экономики [9].

В настоящее время область поиска готовых технических решений для защиты водных объектов от диффузных загрязнений достаточно ограничена и нуждается в расширении, как по способам снижения объемов и очистки стоков, так и в плане повышения эффективности, ресурсо- и энергосбережения при осуществлении рассматриваемого процесса.

В результате проведения патентных исследований создана База данных по технологиям (способы) и техническим средствам (устройства) для защиты водных объектов от загрязнения диффузным стоком, содержащая информацию о 267 изобретениях (рисунок), в том числе по следующим направлениям:

- 1) агротехнические мероприятия – 94 патентов или 35,2%;
- 2) агромелиоративные мероприятия (лесополосы, способы их создания, конструкции, свойства, использование для борьбы с эрозией) – 22 патента или 8,2%;
- 3) гидротехнические мероприятия – 141 патент или 52,9%;
- 4) прогнозы талого стока, мониторинг загрязнения водных объектов – 10 патентов или 3,7%;
- 5) законодательно-нормативные документы по диффузному загрязнению водных объектов.

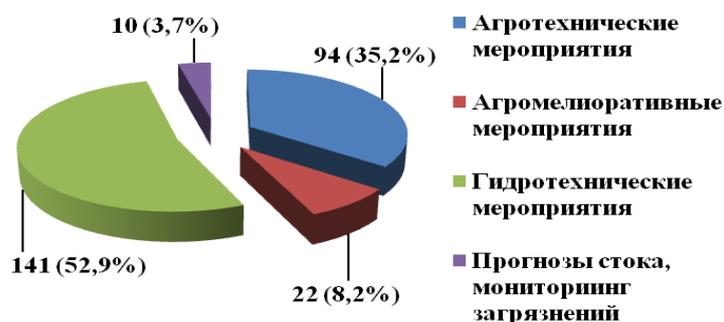


Рисунок1 – Распределение технических решений в базе данных по направлениям защиты водных объектов от диффузного загрязнения

В направлении «агротехнические мероприятия» дополнительно выделены разделы:

1.1) обработка почвы: 27 технических решений (28,7%); 1.2) создание микрорельефа: 4(4,3%); 1.3) химические способы борьбы с эрозией, мульчирование, удобрения: 9 (9,6%); 1.4) снегозадержание: 47 (50,0%); 1.5) получение и использование искусственного снега: 7 технических решений (7,4%).

В направлении «гидротехнические мероприятия» дополнительно выделены разделы: 3.1) дренаж: 12 технических решений (8,5%); 3.2) биологическая очистка воды и биоинженерные сооружения: 56 (39,7%); 3.3) гидромелиоративные системы и их элементы, валы, террасы, борьба с оврагами, скважины: 40 (28,4%); 3.4) очистка сточных, поверхностных и дренажных вод преимущественно сорбентами: 17 (12,0%); 3.5) опреснение и очистка сточных, поверхностных и дренажных вод (вымораживание, химическая мелиорация, ионный обмен): 7 (5,0%); 3.6) испарение сточных, дренажных и иных вод: 9 технических решений (6,4%).

Анализ материалов о результатах запроса « Диффузное загрязнение водных объектов» в информационно-правовой портал «Гарант» (garant.ru) от 27 октября 2020 г. показал, что на настоящий момент в Российской Федерации разработка законодательно-нормативной базы по предотвращению возможного ущерба от диффузного стока с объектов сельскохозяйственного назначения находится на начальной стадии.

Созданная База данных «Технологии и технические средства для защиты водных объектов от диффузного загрязнения» обладает рядом позитивных качеств:

1) отражает современный уровень техники по изучаемой проблеме (267 патентов и авторских свидетельств) и позволяет изучать тенденции её развития;

2) является информационной поддержкой при поиске новых технических решений. Описание каждого технического решения в базе данных обеспечено полным текстом патента или авторского свидетельства на изобретение;

3) является самостоятельным завершённым научно-техническим достижением и может быть усовершенствована путем использования для управления многофункциональной платформы Microsoft Access;

4) материалы Базы данных подтверждают ранее высказанное утверждение [10, 11]: выбор мероприятий не имеет однозначного решения, так как всегда можно подобрать несколько вариантов, которые обеспечат снижение диффузного загрязнения водных объектов;

5) может являться объектом функционального анализа для изучения общих закономерностей формирования технических решений по изучаемой проблеме путем извлечения текстовой информации в виде технических функций из русскоязычных текстов изобретений на основе использования морфологической информации.

Результаты патентного поиска, выполненного при создании Базы данных, позволяют считать первоочередными разработку следующих основных направлений снижения негативного воздействия диффузных источников загрязнения на водные объекты за счет:

- защиты почв от эрозии преимущественно на склонах в результате активного регулирования гидротермического режима почв в пределах полевых защитных лесных полос, террас, канав валов и других проводящих сооружений в период формирования талого стока;

- очистки талых, дождевых, ирригационных и дренажных вод преимущественно биологическим способом, включая биогеохимические барьеры;

- применения сорбентов для очистки талых, дождевых, ирригационных и дренажных вод;

- снижение ирригационной эрозии почв за счет повышения информационного контроля за развитием процесса и принятия оперативных мер превентивного характера.

Область применения полученных результатов НИР – при проектировании гидромелиоративных систем нового поколения в целом и подсистем утилизации диффузного стока, в частности.

## Литература

1. Данилов-Данильян, В.И. Диффузный сток и Волга. Интервью/ В.И. Данилов-Данильян. – Режим доступа: <https://www.iwp.ru/about/news/ivp-ran-vyuavil-bolee-20-tipov-neizuchennykh-istochnikov-zagryazneniya-volgi/>.
2. Вода России. Водохозяйственное устройство. – Екатеринбург : Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2000. – С. 316-328.
3. Гухман, Г. Воздействие сельского хозяйства России на окружающую среду/ Г. Гухман // Энергия: экономика, технология, экология. – 1999. – № 9. – С. 34-36.
4. Оценка современных подходов к управлению качеством поверхностных вод и их охране/ В.И. Данилов-Данильян, Е.В. Веницианов, Г.В. Аджиенко, М.А. Козлова // Вестник РАН. – 2019. – Т. 89. – № 12. – С. 1248-1259.
5. Оценка диффузного стока с урбанизированных территорий в бассейне р. Волги ((на примере г. Ростова)/ М.В. Болгов, Е.В. Завялова, А.В. Зайцева, Н.В. Осипова // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47. – № 5. – С. 483-492.
6. Болгов, М.В. Водохозяйственные и экологические проблемы Нижней Волги и пути их решения/ М.В. Болгов, А.П. Демин // Водные ресурсы. – 2018. – Т. 45. – № 2. – С. 211-220.
7. Проблема снижения диффузного загрязнения водных объектов и повышение эффективности водоохраных программ/ В.И. Данилов-Данильян, В.О. Полянин, Т.Б. Фащевская и др. // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47. – № 5. – С. 503-514.
8. Ясинский, С.В. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе/ С.В. Ясинский, Е.В. Веницианов, И.А. Вишневская // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46. – № 2. – С. 232-244.
9. Конторович, И.И. Снижение диффузной нагрузки на водные объекты: исходные требования на разработку технологического процесса/ И.И. Конторович // Сб.: Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса. – М. : Изд. ВНИИГиМ, 2020. – С. 359-369.
10. Методические указания по назначению компенсационных мероприятий по снижению размера ущерба от поверхностных стоков. – Новочеркасск : РосНИИПМ, 2009. – 66 с.
11. Методические рекомендации по обоснованию водоохраных мероприятий для снижения диффузного загрязнения водных объектов. – М. : ВНИИГиМ, 2019. – 40 с.
12. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шеремет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 365-369.

УДК 631.6

### О СОСТОЯНИИ МЕЛИОРАТИВНОГО ФОНДА РЯЗАНСКОГО РАЙОНА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*А.В. Кузин*<sup>1</sup>, *С.А. Морозов*<sup>2</sup>, *С.Н. Афиногенова*<sup>2</sup>, *Х.Н. Муссов*<sup>2</sup>, *И.Н. Муссов*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Управление «РЯЗАНЬМЕЛИОВОДХОЗ», г. Рязань

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

<sup>3</sup> ООО «Партнер сервис», г. Рязань

**Аннотация:** В статье показано состояние мелиоративного фонда Рязанского района Рязанской области. Приведено состояние основных мелиоративных систем: «Заборье», «Кормовые угодья-Тинки», «Красная Заря – Варские – Шумашь», «Волжанка», «Фрегат».

Все мелиоративные системы в Рязанском районе требуют текущего ремонта, очистки от древесно-кустарниковой растительности и заиления, уборки бобровых плотин.

**Ключевые слова:** Рязанский район, Рязанская область, мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, реки, озеро, водоприемник, мелиоративный канал, шлюз-регулятор, трубоперезды, мост железобетонный.

**Summary:** The article shows the state of melioration funds in the Ryazan district of the Ryazan region. Given the state of the main irrigation and drainage systems: «Zabor'e» «Feeding grounds - Tink», «Red dawn – Varskie – Shumash», «Volzhanka», «Frigate». All melioration systems in the Ryazan region require routine repairs, clearing of tree and shrub vegetation and siltation, and cleaning of beaver dams.

**Key words:** Ryazan district, Ryazan region, melioration fund, hydraulic structures, rivers, lake, water intake, melioration channel, lock regulator, pipe crossings, reinforced concrete bridge.

Рязанский муниципальный район расположен на Восточно-Европейской равнине, в северо-западной части Рязанской области. Площадь Рязанского района – 216 990 га, что составляет 5,5% Рязанской области. Рязанский район расположен плотным кольцом вокруг областного центра город Рязань (рисунок 1).

Гидрологическая сеть Рязанского района представлена рекой Ока и её притоками, озерами, болотами и подземными водами. Протяжённость реки Ока в границах Рязанского района достигает 67 км. Наиболее крупными притоками реки Ока в Рязанском районе являются реки Павловка, Плетенка, Рака и Листвянка. В пойме реки Ока много озер. Общая площадь водного зеркала озер составляет 2269 га, самые наиболее крупные из них: озеро Велье, озеро Казарь, озеро Марьянка и другие. Грунтовые воды в северной части Рязанского района залегают на глубине около 2–5 м, а на юге – от 6 до 7 м.

На 1 января 2020 года мелиоративный фонд Рязанского муниципального района Рязанской области составляет 15,086 тыс. га, в том числе площадь сельскохозяйственных угодий – 14,475 тыс. га, из которых осушенные земли занимают 6,178 тыс. га, орошаемые – 8,297 тыс. га.

Из общей площади мелиорированных земель площадь закрытой коллекторно-дренажной сети составляет 7,167 тыс. га. Объем мелиорированных сельскохозяйственных угодий составляет 12,4% от общего фонда сельскохозяйственных угодий по Рязанскому району. Общее количество учтённых мелиоративных систем в Рязанском районе составляет 38, в том числе 16 осушительных и 22 оросительных. Общее количество учтённых мелиоративных сооружений в Рязанском районе – 1 129, из них включены в реестр федерального имущества и находятся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» 52 мелиоративных сооружения. Балансодержатели остальных мелиоративных сооружений не известны.

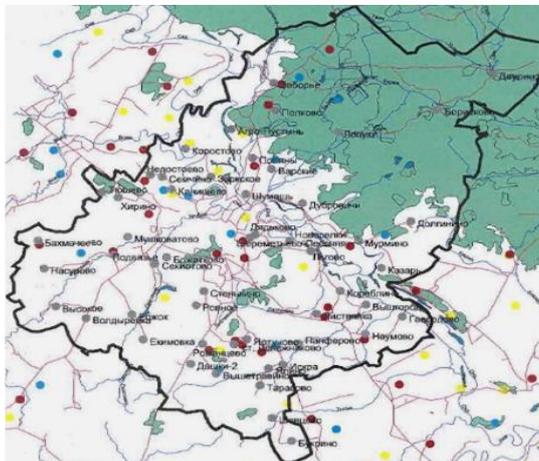


Рисунок 1 – Рязанский район Рязанской области

## **Основные технические характеристики мелиоративных систем**

### **Мелиоративная система «Заборье»**

К мелиоративной системе «Заборье» Рязанского района Рязанской области к федеральному имуществу, которое находится в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз», относятся: отрегулированный водоприемник – р. Солотча протяженностью 3 400 м; магистральные и транспортирующие каналы. Площадь мелиоративной системы составляет 623 га.

Наличие на мелиорированных землях сельскохозяйственных угодий – 605 га, из них: пашня – 458 га, сенокосы – 22 га, пастбища – 125 га.

Мелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий:

удовлетворительное – 171 га;

неудовлетворительное – 434 га.

Из неудовлетворительных земель:

переувлажнено – 103 га;

закустарено (залесено) – 307 га;

нарушенных – 24 га;

используется в сельскохозяйственном производстве – 171 га, не используются – 34 га.

На мелиоративной системе «Заборье» необходимо провести реконструкцию осушительной сети, предусмотреть двойное регулирование активного слоя почвы (подпочвенное увлажнение), выполнить культуртехнические мероприятия и коренное улучшение земель.

### **Мелиоративная система «Кормовые угодья-Тинки»**

Год ввода мелиоративной системы в эксплуатацию – 1969 г., проведена реконструкция в 1986 году.

Общая площадь осушенных земель по государственному учету – 561 га, в т.ч. закрытым дренажем – 535 га. Наличие сельскохозяйственных угодий – 532 га, из них: пашня – 472 га, пастбища – 60 га.

Мелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий:

удовлетворительное – 75 га;

неудовлетворительное – 457 га.

Из неудовлетворительных земель:

переувлажнено – 127 га;

закустарено (залесено) – 401 га;

используется в сельскохозяйственном производстве – 75 га, в том числе: под пашню – 47 га, под сенокосы – 19 га, под пастбища – 9 га.

Земли мелиоративной системы «Кормовые угодья-Тинки» в сельскохозяйственном производстве не используются на площади – 457 га, из них около 56 га – под застройкой.

Прилегающие площади сельхозугодий переувлажнены, зарастают влаголюбивой растительностью, что полностью исключает проведение каких-либо сельскохозяйственных работ на мелиорированных землях (рисунок 2).



Рисунок 2 – Мелиоративная система «Кормовые угодья-Тинки»

На сельскохозяйственных угодьях необходимо выполнить культуртехнические работы по удалению деревьев и кустарника, провести коренное улучшение земель, реконструировать и модернизировать осушительную сеть, внедрить двойное регулирование водного режима активного слоя почвы.

**Канал Ж-2** является каналом водоприёмником мелиоративной системы «Кормовые угодья – Тинки». Протяженность канала в границах системы составляет 8600 м. Имея статус водного объекта, канал Ж-2 исключен из учёта и снят с баланса ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз», как объект недвижимого имущества федеральной собственности. Первоначально канал вводился в эксплуатацию в 1956 году. В 1986 г. проведена реконструкция канала, а 2005 г. выполнен капитальный ремонт. В канал осуществляется сброс дренажных вод с мелиоративной системы «Кормовые угодья – Тинки», прилегающих лесных массивов и сточных вод населенного пункта Поляны, с транспортированием в оз. Жидень, имеющий выход в реку Ока. В устьевой части канала построен туристический развлекательный комплекс «Окская жемчужина», входящий в туристско-рекреационный кластер «Рязанский». При проектировании подъездной автодороги, проектной организацией было принято решение, изменить русло устьевой части канала.

На момент обследования установлено, что трасса устьевой части канала изменена. На левом берегу канала, на расстоянии около 100 метров от места сопряжения канала с протокой озера Жидень проложено русло отводящего канала. Большая часть объема воды, сбрасываемой по каналу в паводковый период, идет через это русло. В устьевой части канала Ж-2 строительной фирмой проведены работы по очистке канала с ПК00+00 по ПК11+44 от древесно-кустарниковой растительности и донных отложений, сформированы откосы. С ПК11+44 по ПК77+00 откосы канала заросли травой и бурьяном, местами деформированы, дно заилено на 20-25%.

На левой бровке кавальеры, заросшие бурьяном. В кучах грунта встречается дренажная трубка. На правой бровке канала Ж-2, примерно на ПК58+50, в районе береговой полосы построен новый смотровой колодец, в котором установлена запорная арматура. Назначение колодца установить не удалось. Собственниками земли самовольно, без согласований, построены открытые каналы для понижения уровня грунтовых вод с части территории с. Поляны и сброса дренажных вод в канал Ж-2. На левой бровке основного канала имеются высокие кавальеры. При строительстве была нарушена дренажно-коллекторная сеть, что послужило переувлажнению площадей в районе, вновь построенного, проводящего канала. С ПК77 по ПК86 откосы канала заросли деревьями.

**Мост ж/б двухпролетный на канале Ж-2 ПК11+44.** Сооружение введено в эксплуатацию в 1986 году. На момент обследования установлено, что в связи с изменением трассы канала и строительстве новой автомобильной дороги мост, построенный на ПК 11+44, утрачивает свое назначение. На данном пикете мост не обнаружен.

**Мост ж/б двухпролетный на канале Ж-2 ПК27+26.** Сооружение введено в эксплуатацию в 1985 году. На момент обследования сооружение находится в удовлетворительном состоянии.

**Магистральный канал 2-ГД** является продолжением канала-водоприёмника Ж-2. Его протяженность составляет 6 277 м. Канал 2-ГД (М-1) первоначально введен в эксплуатацию в 1957 г., в 1986 г. проведена реконструкция канал, и он стал именоваться 2-ГД. На момент обследования данный канал с ПК0 по ПК41+70 зарос по откосам влаголюбивой растительностью и бурьяном, откосы деформированы, на левой бровке кавальеры, кучи сухой древесно-кустарниковой растительности и молодая поросль кустарника и мелколесья (рисунок 3). В русле канала сооружены бобровые плотины, которые создают подпор воды в канале. Выше ПК 41+70 откосы канала, бровка заросли деревьями.



Рисунок 3 – Магистральный канал 2-ГД

В 2020 году ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» в рамках противопаводковых мероприятий провела расчистку русла магистрального канала 2-ГД с ПК0 до ПК35 (рисунки 4, 5).



Рисунок 4 – Расчистка магистрального канала 2-ГД ПК12 «Кормовые угодья – Тинки»



Рисунок 5 – Магистральный канал 2-ГД ПК30 после расчистки русла

Для оперативного управления водным режимом осушенных земель необходимо восстановить шлюз-регуляторы и провести промывку коллекторно-дренажной сети.

#### **Мелиоративная система «Красная Заря – Варские – Шумашь»**

Общая площадь мелиоративной системы составляет 1 802 га. На момент обследования осушенные площади в сельскохозяйственном производстве не используются. Земли начинают зарастать древесно-кустарниковой растительностью. Из мелиоративной системы «Красная Заря – Варские – Шумашь» в реестр федерального имущества включены следующие элементы: магистральный канал О-1 протяженностью 8400м; открытые транспортирующие каналы протяженностью 21 222 м; гидротехнические сооружения (мосты, шлюзы-регуляторы, трубчатые переезды).

**Магистральный канал О-1** (рисунок 6). Протяженность канала составляет 8 400 м, из них 2 200 м вводилось в эксплуатацию в 1965 году и 6 200 м в 1974 г.



Рисунок 6 – Магистральный канал О-1, заросший кустарником

По каналу О-1 идет сброс дренажного стока с осушенных площадей мелиоративной системы «Красная Заря – Варские – Шумашь» и осушенных площадей оросительно-осушительной системы «Московская», а также с лесных площадей, прилегающих территорий. Канал впадает в р. Ока ниже автомобильного моста.

На момент обследования установлено, в устьевой части канал глубокий, он идет по естественной протоке. По откосам канал зарос древесно-кустарниковой растительностью, с ПК15 по ПК27 правый откос чистый. Дно канала заилено, местами заросло влаголюбивой растительностью. С ПК69+45 канал в подпоре.

**Канал О-1-1.** Первоначально вводился в эксплуатацию в 30-е годы прошлого столетия. Последняя реконструкция проходила в 1979 году. Канал является транспортирующим. Общая протяженность составляет 2480 м. На момент обследования с ПК00 по ПК14+16 глубина канала составила 2,5 метра, русло заросло болотной травой, заилено донными отложениями на 30–35%. С ПК14+16 параметры русла канала уменьшаются. Выше ПК14+16 откосы заросли густой древесно-кустарниковой растительностью. Заиление местами составляет 40% и более. Для увеличения пропускной способности транспортирующего канала О-1-1, своевременного отвода избыточных вод с осушенной территории ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» проводит уходные работы и расчистку русла канала от заиления и зарастания болотной растительностью (рисунок 7).



Рисунок 7 – Расчистка канала О-1-1 мелиоративной системы «Красная заря-Варские-Шумашь»

**Канал ОГД.** Транспортирующий канал ОГД вводился в эксплуатацию в 1981–1983 годах, впадает в канал О-1-1 на ПК14+16. Канал принимает и сбрасывает дренажный сток с мелиоративных объектов «Южный», «Плюхино» и «Лопухи». С ПК0 до пруда-накопителя канал располагается на пойменных землях, затапливаемых весенним паводком.

На момент обследования установлено с ПК0 по ПК29 откосы канала заросли травой и

молодой порослью кустарника. В канале имеется живой ток, течение активное. Напротив плотины, через канал построен пешеходный мостик. Выше ПК13 в канал идет сброс сточных вод с очистных сооружений пос. Варские, а выше ПК15 имеется три незаконных, несогласованных сброса сточных вод с частных домов пос. Варские.

На ПК28+80 канал соединяется с прудом-накопителем посредством подводящего канала, на котором расположен шлюз-регулятор. Наполнение пруда-наполнителя идет за счет дренажного стока, который аккумулируется в канале ОГД. Выше ПК28+80 канал на всем протяжении зарос по откосам мелкоколесьем и кустарником. Русло канала заилено на 30–35%. В русле канала сооружены бобровые плотины, создающие подпор воды и подтопление прилегающей территории.

**Канал 1-ОГД.** Канал протяженностью 3 320 метров введен в эксплуатацию в 1987 году. Канал на всем протяжении зарос по откосам и бровкам деревьями и кустарником. Стволы кустарника местами сильно переплетены. Много сухих деревьев и валежника. Канал с водой, тока нет, заиление в пределах 60-70%. На участках канала сооружены бобровые плотины.

**Канал ГД.** Канал введен в эксплуатацию в 1987 году. Протяженность канала 792 м. Канал ГД осуществляет сброс дренажных вод с объекта торфодобычи «Лопухи» и с прилегающих к объекту лесных массивов в канал 1–ОГД. На момент обследования установлено, в канале много воды, тока нет, водная поверхность заросла ряской. Верх откосов и бровки заросли густой древесно-кустарниковой растительностью.

**Канал О-1-3.** Канал протяженностью 2 960 м введен в эксплуатацию в 1987 г. При обследовании установлено, что канал идет вдоль автомобильной дороги Рязань – Спасск. Русло заилено на 60–70%. Канал по откосам и левой бровке зарос кустарником, отдельно стоящими деревьями.

**Канал О-1-3-16.** Канал протяженностью 2 310 метров введен в эксплуатацию в 1975 году. Он играет роль оградительной и проводящей сети. В него осуществляется сброс дренажных вод с коллекторов закрытой сети. На момент обследования, на всем протяжении канал зарос по откосам густой древесно-кустарниковой растительностью и травой. Заиление в пределах 30%.

**Канал О-1-3-2.** Канал протяженностью 1560 метров введен в эксплуатацию в 1983 году. Канал играет роль проводящей сети. На момент обследования установлено, канал О-1-3-2 впадает примерно на ПК13+60 в федеральный канал О-1-3, который является федеральным имуществом. На всем протяжении канал зарос по откосам густым кустарником, влаголюбивой растительностью. Заиление канала колеблется от 30 до 60%.

**Канал О-1-13-2.** Канал протяженностью 1400 метров введен в эксплуатацию в 1975 году. Он впадает в канал О-1-13 на ПК07+40. На момент обследования установлено, канал на всем протяжении зарос по откосам и левой бровке мелкоколесьем, русло заросло водолюбивой растительностью, заиление в пределах 40%.

Гидротехнические сооружения на каналах изношены на 60–70%, требуется их реконструкция или капитальный ремонт.

#### **Мелиоративная оросительная система «Волжанка».**

Год ввода мелиоративной системы в эксплуатацию – 1973 год.

Общая площадь орошаемых земель по государственному учету – 94 га, в т.ч. на осушенных землях – 22 га.

Наличие сельскохозяйственных угодий – 89 га, сенокосы.

Мелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий – удовлетворительное.

Земли мелиоративной системы «Волжанка» в сельскохозяйственном производстве используются в пределах 50% от площади и в основном под сенокосы. Орошение не проводится. Поливной трубопровод демонтирован. Мелиоративная система требует восстановления или реконструкции. Для орошения сельскохозяйственных угодий целесообразно использовать мобильную оросительную сеть.

#### **Мелиоративная оросительная система «Фрегат»**

Год ввода мелиоративной системы в эксплуатацию – 1972 год.

Общая площадь орошаемых земель по государственному учету – 72 га, в т.ч. на осушенных землях – 72 га.

Наличие сельскохозяйственных угодий – 72 га, из них: пашня составляет 63 га, сенокосы – 9 га.

Мелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий неудовлетворительное.

Земли мелиоративной системы «Фрегат» в сельскохозяйственном производстве не используются: отдельные участки переувлажнены, зарастают редкой древесно-кустарниковой растительностью. Пахотные угодья залужены. Площади не поливаются, внутрихозяйственная оросительная система демонтирована. Для регулирования водного режима активного слоя почва целесообразно внедрить подпочвенный способ увлажнения осушенных земель. Отсутствие должной эксплуатации – мелиоративная сеть физически и морально изношена, деградирована, требует полного восстановления и модернизации, что связано со значительными материальными затратами.

Правительство Рязанской области, Министерство сельского хозяйства и продовольствия региона совместно с ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» ведёт активную работу направленную на восстановление мелиоративного фонда Рязанской области, включая реализацию мер по орошению и осушению земель сельскохозяйственного назначения, предотвращение выбытия из сельскохозяйственного оборота мелиорированных земель.

Следует отметить, что за последние три-четыре года отдельные сельхозтоваропроизводители области получили субсидии на реконструкцию или строительство мелиоративных объектов и ввели в оборот дополнительные орошаемые площади. Так, ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области на орошаемых землях возделывает картофель и кукурузу на площади 165 га, капельное орошение ягодников и садов на площади 134 га. Руководство ООО «Авангард» планирует довести к 2025 году орошаемую площадь сельскохозяйственных угодий до 1126 га.

Учитывая, что Рязанская область относится к зоне неустойчивого увлажнения, наиболее эффективны для сельскохозяйственного производства будут системы двойного регулирования: осушительно-увлажнительные или осушительно-оросительные, что позволит получать стабильные гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур.

Основные цели, восстановления мелиоративного фонда Рязанской области, следующие:

- оперативное регулирование водно-воздушного режима активного слоя почвы осушенных земель для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства (кормовых культур в 2-3 раза, зерновых в 2 раза);
- создание благоприятных агротехнологических условий для увеличения доли производства зерновых культур на осушенных землях;
- предотвращение подтопления и затопления прилегающей территории;
- создание современной инфраструктуры и улучшение условий проживания сельского населения.

## Литература

1. Проблемы и пути повышения роли мелиоративных систем Рязанской области/ П.Н. Ванюшин, А.В. Кузин, Т.Н. Сысоева и др. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 5. – С. 6-12.

2. О реконструкции и модернизации мелиоративных систем Рязанской области/ П.Н. Ванюшин, А.В. Кузин, А.Е. Морозов, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 1 (41). – С. 5-12.

3. Кузин, А.В. Экологическое состояние осушительных мелиоративных систем в Рязанской области/ А.В. Кузин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Сб.: Принципы и

технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 376-380.

4. Кузин, А.В. Экологическое состояние мелиорируемых земель Рязанской области на примере Клепиковского района/ А.В. Кузин, А.В. Нефедов // Сб.: Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 340-347.

5. Кузин, А.В. Экономические пути повышения роли мелиоративных систем Рязанской области/ А.В. Кузин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Сб.: Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия. – 2017. – С. 491-495.

6. Проблемы вовлечения выбывших мелиорированных земель в сельскохозяйственное производство/ А.В. Кузин, П.Н. Ванюшин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Сб.: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена корреспондента РАСХН и НАНКС, академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. – Рязань, 2019. – С. 268-274.

7. Кузин, А.В. Состояние осушительных систем Рязанской области на примере межхозяйственной мелиоративной системы «Прогресс» Шацкого района/ А.В. Кузин, С.А. Морозов, С.Н. Афиногенова // Сб.: Инновации с сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 247-254.

8. Официальный сайт ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз». – Режим доступа: <http://www.meliowod62.ru>.

9. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

10. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

11. Соболин, Г.В. Проблемы использования малых рек и каналов ирригационных систем в целях развития малой гидроэнергетики/ Г.В. Соболин, И.В. Сатункин, Ю.И. Коровин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – № 2. – С. 32-35.

12. Планирование природоохранных мероприятий по защите почв и водных ресурсов при комплексной реконструкции ирригационных систем/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин, И.В. Сатункин // Сб.: Экономико-правовые и экологические проблемы землепользования в условиях рыночной экономики России и стран СНГ (методология, теория и практика хозяйствования) : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 149-156.

13. Экология и мониторинг окружающей среды/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 166–169

## МЕЛИОРАЦИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ПРИОРИТЕТОВ В СФЕРЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

С.А. Липски<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ГУЗ, г Москва

**Аннотация.** Важным способом обеспечить продовольственную безопасность страны является наличие достаточного мелиоративного фонда земель. В современной России он значительно меньше, чем у других крупных государств–производителей сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. В статье сделан вывод, что негативная тенденция сокращения площади орошаемых земель, сложившаяся за предыдущие постсоветские десятилетия, преодолена. Однако площадь осушаемых земель по-прежнему сокращается.

**Ключевые слова:** продовольственная безопасность, сельскохозяйственные угодья, сельскохозяйственная мелиорация, орошаемые и осушаемые земли, государственная программа.

**Summary.** The important direction of ensuring country's food security is the availability of sufficient land reclamation fund. This Fund in modern Russia is much smaller than other major players at the world market of agricultural products, raw materials and food. The article considers that the negative trend of reducing the area of irrigated lands that has developed over the previous post-Soviet decades has been overcome. However, the area of drained land is still declining. A negative phenomenon is the actual non-use of reclaimed lands for development of which had previously been spent on budgets of various levels and agricultural organizations

**Keywords:** food security, agricultural land, agricultural land reclamation, irrigated and drained lands, state program.

Формализация целей, задач и основных направлений государственной политики в сфере продовольственной безопасности была осуществлена в 2010 году при утверждении соответствующей Доктрины [1] (далее – Доктрина-2010). В то время основная проблема заключалась в том, чтобы на внутреннем рынке страны было достаточно продовольственных товаров, причем, главным образом, – отечественных (снижение зависимости от их поставок по импорту – [3]). В частности по важнейшим из них (зерно и картофель, молоко, мясо, сахар, растительное масло и др.) были обозначены четкие количественные критерии (соответственно, не менее 95%, 90%, 85% и 80% от общего объема этих товаров на внутреннем рынке). Истекшее десятилетие российский АПК продемонстрировал уверенное развитие и показатели, связанные с растениеводством, значительно, в 1,5–2 раза превышены (таблица 1).

Мало того, текущая редакция Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2025 гг. [6], которая является основным документом, определяющим в современной России государственную политику в АПК и меры его поддержки, предусматривает дальнейший рост агропромышленного производства: к 2025 г. он должен быть не менее 11,6% к уровню 2017 г. В ней же указано на необходимость наращивания за это же время более чем в 2 раза экспорта сельскохозяйственной продукции.

Столь существенное позитивное изменение положения в аграрном секторе страны обусловило и необходимость пересмотра Доктрины продовольственной безопасности, утвержденной более 10 лет назад. Новая Доктрина [7] уточняет целый ряд положений прежней, в том числе целевые показатели обеспечения продовольственной безопасности.

Таблица 1 – Самообеспеченность России основными продуктами питания (выполнение нормативов Доктрины-2010)<sup>1</sup>

| Продукция          | Целевой показатель, % | Фактическая самообеспеченность России основными продуктами питания, % |       |       |       |       |       |   |
|--------------------|-----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|---|
|                    |                       | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2019 год к целевому показателю (Доктрина-2010), в % |
| зерно              | 95                    | 153,8   | 149,1 | 160   | 170,6 | 147,2 | 155,5 | 163,7   |
| растительное масло | 80                    | 143,1   | 125,5 | 142,6 | 153,5 | 157,3 | 175,9 | 219,9   |
| сахар              | 80                    | 95,4  | 100,6 | 105,9 | 115,1 | 108   | 125,4 | 156,8   |
| картофель          | 95                    | 98  | 102,1 | 93,2  | 91,1  | 95,3  | 94,9  | 99,9  |
| молоко             | 90                    | 78,1  | 79,9  | 80,7  | 82,3  | 83,9  | 84,4  | 93,8  |
| мясо               | 85                    | 82,8  | 88,7  | 90,6  | 93,5  | 95,7  | 96,7  | 113,8   |
| соль пищевая       | 85                    | 46,5  | 68,5  | 66,2  | 63,9  | 67,3  | 65    | 76,5  |

Наконец, в новом варианте Доктрины появились положения об экспорте сельскохозяйственной продукции, которых в прежней версии Доктрины не было. Точнее в ней говорилось о необходимости рационализации соотношения экспорта и импорта сельскохозяйственной и рыбной продукции, сырья и продовольствия, но тогда это подразумевало лишь защитные меры при растущем импорте в Россию, в том числе в условиях возможного демпинга и субсидирования экспорта такой продукции зарубежными странами – ее поставщиками на российский рынок.

Теперь же речь идет о реализации экспортного потенциала российского АПК (с условием полного самообеспечения страны), в том числе в целях преодоления складывающегося в настоящее время отрицательного сальдо страны во внешней торговле. Для достижения этого даже должен вестись постоянный мониторинг того, имеются ли случаи применения зарубежными странами необоснованных ограничений или демпинга по отношению к поставляемой из России продукции сельского хозяйства.

Естественно, что для полной реализации этого потенциала потребуется дополнительное наращивание производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Причем это должна быть такая продукция, которая будет соответствовать установленным в странах-импортерах экологическим, санитарно-эпидемиологическим, ветеринарным и т.п. требованиям. Одним из основных лимитирующих факторов при этом становится наличие пригодных для ведения аграрного производства земельных угодий.

Поэтому, если в Доктрине-2010 говорилось лишь о необходимости повышать почвенное плодородие, расширять посевные площади и реконструировать существующие мелиоративные системы, то в Доктрине-2020 этим вопросам уделено больше внимания.

Во-первых, в ней указано, что снижение плодородия сельскохозяйственных земель (из-за их нерационального использования) и продолжающееся увеличение доли деградированных земель воспринимаются теперь уже как явные агроэкологические угрозы обеспечению продовольственной безопасности страны.

Во-вторых, реализуемая государством политика в земельной сфере теперь должна включать в себя не только восстановление и повышение плодородия сельскохозяйственных земель и предотвращение сокращения их площадей (это было и в Доктрине-2010), но и их рациональное использование, а также защиту сельскохозяйственных угодий от водной или ветровой эрозии и опустынивания. Кроме того, текущая Доктрина теперь прямо предусматривает еще и проведение работы по вовлечению в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых пахотных земель и комплексное развитие мелиорации.

<sup>1</sup> Рассчитано автором, исходные данные [1; 4; 5]

Важно и то, что мелиорации земель дает двойной эффект: 1) орошаемые площади позволяют получать на них урожайность в 3-4 раза выше в сравнении с богарными, и в 2-3 раза выше производительность труда; 2) орошение обеспечивает аграрной отрасли устойчивость по отношению к неблагоприятным проявлениям климатических аномалий. Так, аномальная засуха в европейских регионах страны 2010 г. показала, что если в среднем в пострадавших от нее четырех десятках регионов урожай сократился на 35–40%, то в них же, но на орошаемых землях – на 10–12 % [8].

В то же время возникает и проблема приоритета – что является первоочередным: 1) навести порядок в использовании находящихся в хорошем и удовлетворительном состоянии мелиорированных угодий и обеспечить их полноценное использование, 2) более затратные меры по восстановлению гидротехнических систем, которые пришли в неудовлетворительное состояние, что позволит получать более высокий и стабильный урожай с земель ранее уже освоенных в мелиоративном отношении, или 3) выявить такие никогда не входившие в состав мелиоративного фонда земли, использование которых прекратилось по разным причинам, и попытаться вернуть их в сферу агропроизводства?

В настоящее время мелиоративные земли имеются почти во всех регионах (нет только в трех северных автономных округах и г. Москве). При этом по стране в целом орошаемыми являются 4 658,7 тыс. га, а осушаемыми – 6 596,3 тыс. га. В процентах: 1) от общей территории страны, 2) площади земель сельскохозяйственного назначения и 3) площади продуктивных сельскохозяйственных угодий это, соответственно 0,27% – 1,22% – 2,12% и 0,39% – 1,72% – 3%.

Между тем, основная площадь орошаемых и осушаемых сейчас земель была освоена еще в советский период – в 1970-х–80-х гг. Динамика их площадей отражена на рисунке 1, на котором видно, что максимальные значения (6,4 млн га и 7,6 млн га.) были достигнуты к 1991 г. А почти весь постсоветский период динамика отрицательная: сокращение площади орошаемых земель на 26,9%, а осушаемых – на 13,5%. При этом еще и имеются факты неиспользования (либо использования как богарных) значительные площади земель, учтенных как орошаемые. Так в 2016 г. сельскохозяйственное производство велось только на 3,88 млн. га, а фактически же орошалось (поливалось) менее 1,5 млн га.

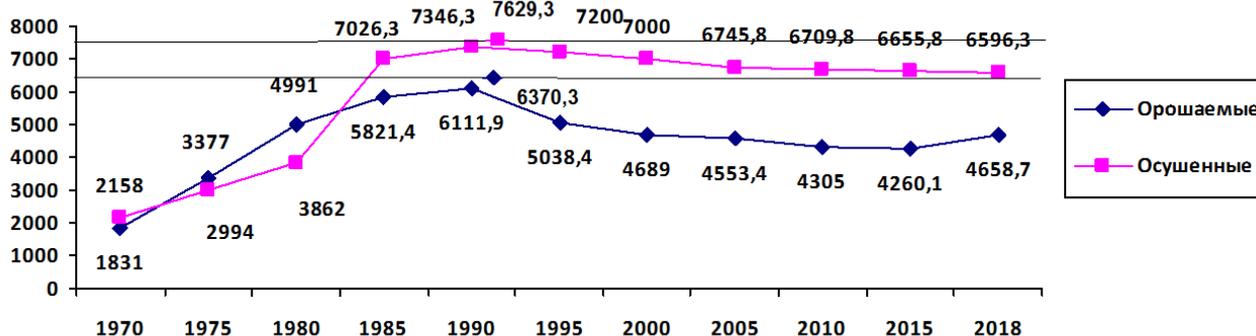


Рисунок 1 – Площади орошаемых и осушаемых земель по стране в целом, в тыс. га (по данным [8; 9])

Эту негативную тенденцию удалось переломить лишь в текущем десятилетии, когда была начата реализация соответствующей целевой Программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» (но пока этот перелом относится только к орошаемым землям). В таблице 2 приведены данные о динамике площади мелиорированных земель за период 2010–2018 гг. (первая половина этого срока пришлось на период до принятия указанной Программы, а вторая – когда она уже реализовывалась [10]). За эти 8 лет площадь орошаемых земель увеличилась на 374,6 тыс. га (на 8,2%), а осушаемых изменилась незначительно (но там по-прежнему сокращение на 113,5 тыс. га, или 1,7%).

Таблица 2 – Площадь мелиорированных земель по стране в целом в 2010–2018 гг. в тыс. га и в % к базовому (2010) году<sup>1</sup>

| Показатели   | 2010    | 2011   | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016     | 2017     | 2018   |
|--------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|
| Всего        | 11014,8 | 10957  | 10947,7 | 10944,8 | 10923,6 | 10915,9 | 11 327,6 | 11 331,3 | 11 255 |
| в %          | 100     | 99,5   | 99,4    | 99,4    | 99,2    | 99,1    | 102,8    | 102,9    | 102,2  |
| в том числе: |         |        |         |         |         |         |          |          |        |
| орошаемые    | 4305    | 4283,4 | 4285,1  | 4 285,8 | 4265    | 4260,1  | 4655,5   | 4659,7   | 4658,7 |
| в %          | 100     | 99,5   | 99,5    | 99,6    | 99,1    | 99,0    | 108,1    | 108,2    | 108,2  |
| осушаемые    | 6709,8  | 6673,6 | 6662,6  | 6659    | 6658,6  | 6655,8  | 6672,1   | 6671,6   | 6596,3 |
| в %          | 100     | 99,5   | 99,3    | 99,2    | 99,2    | 99,2    | 99,4     | 99,4     | 98,3   |

Поэтому сохраняется значительное отставание России в развитии мелиорации от таких стран как Китай, США, Индия, Германия (там мелиоративными являются около 40% сельскохозяйственных земель [11]). Комплексное решение задачи улучшения мелиоративного обеспечения отечественного АПК может быть осуществлено в рамках подготавливаемой по итогам состоявшегося 26 декабря 2019 г. заседания Государственного Совета, госпрограммы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса (поручение об этом дано Президентом Российской Федерации – Пр-234ГС, п.1 а). Ее текст размещен на официальном портале проектов актов – [regulation.gov.ru](http://regulation.gov.ru). Но вопрос об окончательном утверждении этой программ и объемах ее финансирования (планируемый сейчас общий объем – 13,6 млрд рублей за период 2021–2030 годов) следует решать руководствуясь не только универсальными для такого рода мероприятий принципами: 1) экономическая обоснованность; 2) софинансирование из различных источников (федеральный и региональные бюджеты, средства частных лиц); 3) синхронизация с другими, уже реализуемыми мерами государственной поддержки; 4) вариативность, учитывающая экономические и социальные факторы в той или иной местности, а также способ дальнейшего использования вовлекаемого в программу земельного участка – это могут быть его распашка, или коренное улучшение посредством проведения мелиорации (причем, не только дорогостоящих оросительных или осушительных работ, но и культуртехники), или, наоборот, использование заброшенной пашни под пастбище либо сенокос, или даже передача в лесной фонд безнадежно заросшего лесом участка. Важно также объективно оценить текущие процессы, связанные с состоянием и использованием продуктивных угодий (выбывание пригодных для аграрного сектора земель из этой сферы, неудовлетворительное состояние мелиорированных земель, прекращение их технологического обеспечения и др.).

### Литература

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утв. Указом Президента Российской Федерации 30 января 2010 г. № 120 // Собр. законодат. Рос. Федерации – 2010 – № 5 – ст. 502. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12172719/>
2. Ksenofontov, M.Y. Polzиков D.A., Melnikova Y.S. Main aspects of regional food security in Russia/ M.Y. Ksenofontov, D.A. Polzиков, Y.S. Melnikova // Studies on Russian Economic Development. – 2019. – Vol. 30. – No 4. – Pp. 393-399.
3. Петриков А.В. Основные направления реализации современной агропродовольственной и сельской политики/ А.В. Петриков // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 1. – С. 3-9.

<sup>1</sup> Источник: Росреестр 2011-2019, расчеты – авторов.

4. Волков С.Н. Основные направления использования земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации на перспективу/ С.Н. Волков и др. – М. : ГУЗ, 2018. – 344 с.

5. Росинформагротех (2020) Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2019 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» – М., 2020. – 193 с.

6. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (в ред. от 8 февраля 2019 г.) // Собр. законодат. Рос. Федерации – 2012 – № 32 – Ст. 4549. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843>

7. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утв. Указом Президента Российской Федерации 20 января 2020 г. № 20 // Собр. законодат. Рос. Федерации. – 2020. – № 4. – Ст. 345. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/>

8. Липски, С.А. Мелиоративный фонд: текущее состояние и тенденции, информационное и правовое обеспечение его использования : Монография /С.А. Липски. – М. : Русайнс. – 194 с.

9. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения в 2017 году. – М. : Росинформагротех, 2019. – 328 с.

10. Lipski, S. State and Use of Land Resources in Russia: Trends of the Current Decade/ S. Lipski // Studies on Russian Economic Development. – 2020. – Vol. 31. – No. 4. – Pp. 437-443.

11. Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы», утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. № 922 // Собр. законодат. Рос. Федерации – 2013 – № 43 – Ст. 5554. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499051291>

12. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

13. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

**УДК 631.674**

## **ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ**

***М.Н. Лытов<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>*ФГБНУ ВНИИГиМ, г. Волгоград*

**Аннотация.** Комбинированное орошение рассматривается как единая техническая система, обеспечивающая возможность реализации разных способов полива для комплексного регулирования факторов жизни и защиты растений от климатических рисков. Исходя из этого разработана система требований к конструкциям комбинированного орошения, которые должны учитываться при создании соответствующих проектов.

**Ключевые слова:** *техническая система, комбинированное орошение, конструкции, система требований*

**Summary.** Combined irrigation is considered as a unified technical system that provides the ability to implement different methods of irrigation for the integrated regulation of life factors and protection of plants from climatic risks. Based on this, a system of requirements for the structures of combined irrigation has been developed, which must be taken into account when creating the corresponding projects.

**Key words:** *technical system, combined irrigation, structures, requirements system*

Конструктивные элементы комбинированной системы орошения (рисунок 1), как и любой оросительной системы, в общем случае предполагают обустройство водоисточника, устройство водозабора и насосной станции, системы водоподготовки, системы транспорта воды, системы орошения, а при необходимости – системы и сооружения водооборотной системы [1–4]. Особые требования к такого рода системам комбинированного орошения определяются теми уникальными сочетаниями технологий и способов полива, которые удалось комплексировать в составе единого технического решения [5–7]. В общем случае требования, предъявляемые к указанным конструктивным, структурно-функциональным элементам системы комбинированного орошения, сводятся к следующему. Источник оросительной воды, как конструктивный элемент гидромелиоративной системы, рассматривается лишь в некоторых случаях. Это могут быть, искусственно созданные, небольшие водохранилища, пруды или копани, в которых аккумулируется вода с местного водосбора, элементы водооборотной системы с повторным использованием сбросных воды, пруды-отстойники сточных вод и т.д. В общем случае, искусственный или естественный, водоисточник должен обеспечивать достаточный дебет воды с заданными параметрами качества. Возможны варианты устройства смешанной системы водоисточников, когда наряду с элементами естественного стока используются искусственные сооружения для накопления и хранения, либо смешивания воды различного качества. Задача всей этой системы в целом – создать положительный дебет по лимитам водозабора в соответствии с заданным режимом водопотребления. Рассматриваемый концепт комбинированной системы орошения предполагает возможность компенсации негативного действия заморозков, засух и суховеев, чрезмерной температурной напряженности, дефицита влажности воздуха в приземном слое, а также традиционно – регулирование водного режима почвы. Поэтому для комбинированного орошения водоисточник должен обеспечивать потребность в воде в течение всего вегетационного периода культуры, даже в те фазы и периоды, когда вегетационные поливы не требуются и не проводятся.

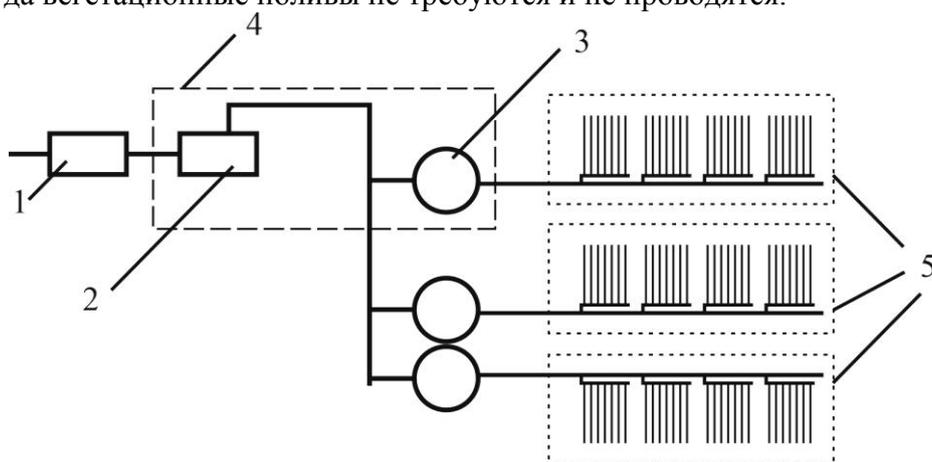


Рисунок 1 – Вариант компоновки сегмента системы комбинированного орошения:  
 1– насосная станция, 2 – станция фильтрации воды, 3 – узел приготовления растворов,  
 4 – узел водоподготовки, 5 – модуль орошения

Водозабор, как структурно-функциональный элемент гидромелиоративной системы должен обеспечивать возможность эффективного разделения оросительной воды с крупными

примесями, минерального либо биологического происхождения, а также бесперебойный доступ к оросительной воде, забираемой из водоисточника. Комбинированное орошение как технология ориентировано на использование оросительной воды без примесей. На практике для этого создаются многоступенчатые станции очистки воды, исключающие попадание твердого мусора в проходные сечения водовыпусков. Однако для стабильной работы самой системы водоочистки необходимо исключить вероятность попадания крупноразмерного биоматериала или не органического мусора. Необходимо также учитывать, что крупноразмерный мусор может повредить рабочие машины насосной станции, сузить рабочий просвет всасывающих коллекторов, что приведет к нарушению режимов работы системы.

Насосная станция обеспечивает создание рабочих напоров в системе, что необходимо для проведения качественных поливов. Однако, при комбинированном орошении задействованы поливные водовыпуски разных типов. Рабочие напоры, необходимые для нормального функционирования этих водовыпусков разные. Следовательно, насосная станция должна обеспечивать возможность дифференцирования напоров в системе согласно заданному графику. Еще одной проблемой при создании систем комбинированного орошения является то, что потребность в создании напоров разного уровня может возникнуть одновременно на разных поливных модулях, обслуживаемых насосной станцией. Решать эту проблему можно двумя путями. Во-первых, - это создание системы регуляторов давления, обеспечивающих понижение напора на поливном модуле до заданного уровня. Однако, в этом случае требуется запитка магистрального водовода на максимальное давление и постоянное его поддержание, пока работает хотя бы один поливной модуль системы. Второй способ решается на уровне конструктивно-компоновочных решений, собственно, насосной станции. В этом случае требуется, чтобы технические компоненты системы, включающие насосное оборудование, обеспечивали возможность дифференцирования напоров непосредственно в поливных модулях.

К системе водоподготовки при комбинированном орошении сельскохозяйственных культур предъявляются особые требования. Система комбинированного орошения использует водовыпускные элементы с выпускными каналами малого сечения. Вследствие этого система предъявляет повышенные требования к качеству воды, прежде всего, по уровню загрязнения дисперсными частицами. В этом плане система водоподготовки должна обеспечивать возможность многоступенчатой очистки воды с разной степенью фильтрации относительно размеров дисперсных частиц. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность развития процессов биогенного загрязнения непосредственно во внутренних водоводах системы. Поэтому важно, чтобы система фильтрации могла обеспечивать подачу чистой воды непосредственно в поливные модули.

Другой функцией системы водоподготовки является приготовление различных технологических растворов: питательных, мелиорантов, препаратов защиты растений, стимуляторов. Основные требования к системе водоподготовки по этому направлению сводятся к следующему:

- обеспечение возможности точного дозирования препаратов для внесения с оросительной водой;
- полное растворение препаратов и исключение попадания шлама в систему;
- возможность создания различных растворов с одновременным применением на разных поливных модулях системы.

Кроме того система должна обеспечить подготовку воды требуемого качества в плане качественного и количественного содержания растворенных в ней веществ.

Система транспорта воды является одним из основных связующих звеньев любой гидромелиоративной системы. Основными требованиями к системе транспорта воды при комбинированном орошении являются:

- должна обеспечиваться возможность транспортировки воды с не превышающими допустимые пределы потерями напора. Это одно из ключевых требований, определяющих

расчет транспортных водоводов и оросительной сети в целом. В случае с комбинированными системами орошения необходимо учитывать возможность дифференцирования напорно-расходных характеристик в ходе выполнения технологического процесса;

- должна обеспечиваться целостность транспортных водоводов при создании заданных рабочих напоров в системе. Это предполагает необходимость согласования прочностных характеристик транспортных конструкций с требованиями по гидравлическим режимам в системе, обеспечивающим выполнение технологического процесса. Концепт комбинированного орошения предполагает необходимость дифференцирования рабочих напоров в системе, что накладывает дополнительные требования и ограничения. Согласование должно проводиться также и с учетом гидродинамических нагрузок в системе, возникающими в ходе выполнения технологического процесса и в результате некоторых нештатных ситуаций;

- минимизация материалоемкости и стоимости транспортной системы. На устройство транспортной системы должно быть потрачено то минимальное количество ресурсов, которое обеспечивает возможность создания конструкций с заданными параметрами. Показатели целесообразно определять не в абсолютных величинах, а по отношению к количеству лет использования;

- должно обеспечиваться сохранение качества оросительной воды, в том числе за счет создания условий, ингибирующих рост биогенного загрязнения в водоводах. В этом плане целесообразным является, например, прокладка водоводов под землей (рисунок 2);

- конструкции системы не должны создавать помехи транспорту машин, выполнению агротехнических мероприятий, а также мероприятий по обслуживанию структурно-функциональных элементов гидромелиоративных систем;

- должна обеспечиваться возможность технологического слива воды и промывки водоводов, а также оперативного свертывания и развертывания облегченных водоводов, выполненных на основе гибких полимерных материалов сезонного характера.

Поливные модули системы комбинированного орошения предполагают функциональное расширение конструкции, вследствие чего к ним предъявляются особые требования. Как и при любом другом способе орошения к комбинированным системам предъявляется требование по обеспечению равномерности водоподачи по всей площади орошаемого участка.



Рисунок 2 – Укладка полиэтиленового трубопровода оросительной системы в траншею

Однако в отличие от обычных систем, системы комбинированного орошения предполагают оснащение водовыпусками разных типов с, возможно, различающимися расходно-напорными характеристиками. Поэтому требование равномерности водоподачи

применительно к комбинированным системам орошения распространяется на комплексы водовыпусков одного типа. Другими требованиями к системам комбинированного орошения на уровне поливных модулей являются:

- необходимость обеспечения требуемых уровней расхода воды при всех режимах работы системы комбинированного орошения. Это требование, в первую очередь, касается поливных трубопроводов модуля, которые должны обеспечить пропуск необходимых объемов воды без превышения допустимых уровней скорости потока;

- система водовыпусков поливного модуля должна обеспечивать возможность полива разными способами. Этот принцип характеризует главное функциональное отличие комбинированного орошения от прочих технологий полива;

- использование единой системы поливных трубопроводов для транспортировки оросительной воды в пределах поливного модуля и проведения поливов разными способами. Это требование определяет необходимость размещения водовыпусков разного типа на одних поливных водоводах;

- необходимость согласования расходно-напорных характеристик водовыпусков разного типа. Это требование не обязывает к использованию водовыпусков с идентичными расходно-напорными характеристиками. Однако предполагается, что конструкция водовыпусков обеспечит выполнение предусмотренных технологическим процессом функций при всех режимах работы комбинированного орошения;

- необходимость автоматического регулирования режимов работы водовыпусков разного типа.

Предложенная совокупность требований к функциональным элементам комбинированного орошения является неотъемлемой частью концепта технической системы комбинированного орошения и определяет приоритетные направления конструктивного совершенствования последней. Конструкции функциональных узлов комбинированного орошения должны отвечать этим требованиям. В свою очередь требования не определяют конкретику по техническим решениям в отношении конструктивно-функциональных узлов и оставляют достаточное пространство для технического творчества.

## Литература

1. Хатхоху, Е.И. Основные положения проектирования мелиоративных систем нового поколения/ Е.И. Хотхоху, Д.В. Прус, Г.Н. Фомина // Символ наук. – 2016. – № 5–3 (17). – С. 86-89.

2. Владимиров, С.А. Алгоритм реконструкции и проектирования ландшафтно-мелиоративных систем нового поколения/ С.А. Владимиров, В.П. Амелин, Е.И. Гронь // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 19. – С. 209-215.

3. Майер, А.В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива/ А.В. Майер, Ю.И. Захаров, Н.В. Криволицкая // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37). – С. 206-210.

4. К вопросу водоочистки в гидроциклонах на системах комбинированного орошения/ Н.Н. Дубенюк, А.Е. Новиков, С.В. Бородычев, М.И. Ламскова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 21-25.

5. Мелихова Е.В. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения/ Е.В. Мелихова, В.В. Бородычев, А.Ф. Рогачев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 30-36.

6. Курбанов, С.А. Исследование системы капельного орошения с мелкодисперсным дождеванием/ С.А. Курбанов, А.М. Майер // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – Т. 11. – № 3 (11). – С. 15-19.

7. Дубенюк, Н.Н. Совершенствование системы мелкоструйчатого внутрпочвенного орошения многолетних насаждений в сочетании с аэрозольным увлажнением/ Н.Н. Дубенюк,

А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3 (51). – С. 269-275.

8. Исследование траектории движения капель дождевальными машинами/ Г.К. Рембалович, А.И. Рязанцев, М.Ю. Костенко и др. // Вестник РГАТУ. – 2008. – № 4 (40). – С. 138-142.

9. Анализ дождевальных установок для орошения рассады/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносук и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 369-372.

УДК 630.915:631.495

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Н. М. Макарова<sup>1</sup>, А.В. Макаров<sup>1</sup>, Е.В. Литвиненко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБНУ РосНИИПМ, г. Новочеркасск, РФ

**Аннотация:** Цель работы исследовать характеристики и состояние защитных лесных насаждений на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения Ростовской области. Задача исследований – разработка мероприятий по улучшению состояния и мелиоративных свойств защитных лесных насаждений.

**Ключевые слова:** *земли сельскохозяйственные, лесные насаждения, мелиорация земель.*

**Summary:** The purpose of the work is to investigate the characteristics and condition of protected forest plantations on the reclaimed agricultural land of the Rostov region. The aim of the research is to develop measures to improve the condition and reclamation properties of protected forest plantations.

**Key words:** *agricultural land, forest plantations, land reclamation*

Тема продовольственной безопасности актуальна на сегодняшний день и у политиков, и у хозяйственников, и у ученых мира, от экономистов и менеджеров до специалистов сельского хозяйства, математиков и программистов.

На правительственном уровне с целью обеспечения продовольственной безопасности страны (уровень социально-экономического развития страны, при котором обеспечивается её продовольственная независимость) был выработан документ (Доктрина продовольственной безопасности), явившийся основой для разработки нормативно-правовых актов в области обеспечения продовольственной безопасности, развития сельского и рыбного хозяйства. Одним из положений Доктрины, выдвигаемым на долгосрочный период является «восстановление и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения, предотвращение сокращения площадей земель сельскохозяйственного назначения, рациональное использование таких земель, защита и сохранение сельскохозяйственных угодий от водной и ветровой эрозии и опустынивания» [1, с. 3].

В соответствии со ст. 77 Земельного кодекса Российской Федерации землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, находящиеся за границами населенных пунктов и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей [2, с. 77].

В Российской Федерации общая площадь сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения по данным, предоставленным Росреестром, на 1 января 2019 г. составляет 197,7 млн га (197 720,7 тыс. га), в том числе общая площадь

пашни – 116,24 млн (58,8%), сенокосов – 18,72 млн (9,5%), пастбищ – 57,20 млн (28,9%), залежи – 4,31 млн (2,2%), многолетних насаждений – 1,23 млн га (0,6%). Наибольшие площади сельскохозяйственных угодий находятся в Приволжском (25,9%), Сибирском (20,7%), Южном (15,9%) и Центральном (14,8%) федеральных округах, составляя в сумме 77,3% всей площади сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации [3, с. 6-7]. Как показывают статистические данные, Ростовская область имеет четверть (26,10%) площадей всех сельскохозяйственных угодий Южного федерального округа [3, с. 12].

Для полноценного питания населения необходимо выращивать как растениеводческую продукцию, так и животноводческую, а также производить корма. Площади земель, предназначенные для производства различной сельскохозяйственной продукции, согласно нормативам, как правило, должны быть защищены от неблагоприятных экологических факторов системой защитных лесных насаждений. Кроме того населенные пункты также защищают «зелеными зонами».

Согласно ГОСТ 26462-85: агролесомелиоративное насаждение – лесное насаждение для защиты сельскохозяйственных угодий от неблагоприятного воздействия природных и антропогенных факторов [4, с. 2]; защитное лесное насаждение – естественное и (или) искусственное насаждение для защиты природных, сельскохозяйственных, промышленных, коммунальных и транспортных объектов от неблагоприятного воздействия природных и антропогенных факторов [4, с. 3].

Агролесомелиоративные насаждения зачастую повреждаются вредителями и болезнями, страдают от незаконных рубок и пожаров, повреждения дикими животными, антропогенных посещений, поэтому для уточнения состояния таких насаждений необходимо проводить своевременный мониторинг согласно Правилам санитарной безопасности в лесах, лесному кодексу и Правилам содержания мелиоративных защитных лесных насаждений и особенностей мероприятий по их сохранению, Лесоустроительной инструкции и другим нормативно-правовым актам [5, 6, 7].

Объект исследования выбран нами на сельскохозяйственных землях Октябрьского района в трех километрах от г. Новочеркаска Ростовской области Земли принадлежали учебному хозяйству «Донское». Исследовали насаждения на сельскохозяйственных землях различного целевого назначения: прифермские, полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные, придорожные, насаждения санитарно-защитной зоны. Объекты исследований расположены на эрозионно опасных участках балочных склонов. Всего выбрано 10 участков, заложенных и обследованных впервые в 1998 году и в последующие периоды, с возрастом деревьев от 55 лет и более, различного состава, имеющие повреждения от пожаров, вредных организмов и антропогенного воздействия. Для характеристики современного состояния участков (в 2020 году) в полевых условиях проводили обследования по общепринятым методам, в т. ч. лесопатологическое, с использованием наземного метода инструментальным способом, в соответствии с положениями Приказа Министерства природных ресурсов от 16.09.2016 № 480 «Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы актов лесопатологического обследования» [8]. Было заложено 10 участков (выделов) ЗЛН, соответствующих требованиям исследований и сгруппированных по причинам повреждения (таблица 1).

Таблица 1 – Участки защитных лесных насаждений (ЗЛН), на которых проводилось обследование

| Причина повреждения                                   | Видовой состав<br>(порода дерева)                       | № пробы <sup>1</sup> |
|---|---|----------------------|
| Повреждения при движении крупномерного транспорта     | Гледичия трехколючковая                                 | ПП 1                 |
|   | Абрикос обыкновенный                                    | ПП 2                 |
| Повреждения от пожаров                                | Дуб черешчатый<br>Ясень ланцетный                       | ПП 3                 |
| Повреждения природного характера                      | Робиния лжеакация<br>Клен полевой<br>Ясень ланцетный    | ПП 4                 |
|   | Робиния лжеакация<br>Клен полевой<br>Ясень ланцетный    | ПП 5                 |
| Повреждения природного характера                      | Дуб черешчатый<br>Ясень ланцетный                       | ПП 6                 |
| Повреждения при производстве продукции животноводства | Дуб черешчатый<br>Гледичия трехколючковая<br>Абрикос    | ПП 7                 |
|   | Гледичия трехколючковая<br>Акация желтая                | ПП 8                 |
|   | Гледичия трехколючковая<br>Акация желтая                | ПП 9                 |
|   | Ясень ланцетный<br>Ясень обыкновенный<br>Клен татарский | ПП 10                |

В результате исследований нами были выявлено состояние существующей древесно-кустарниковой растительности, толщина лесной подстилки, а также уточнен состав живого напочвенного покрова методом закладки временных пробных площадей. Основными породами в исследуемых участках являются: вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), робиния лжеакация (*Robinia pseudacacia* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ясень зеленый или ланцетный (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), из кустарников клен татарский (*Acer tataricum* L.) [9, с. 52].

Для примера на рисунке 1 приводим состояние насаждений в 2006 году (ПП 10) до загрязнения его навозными стоками и навозом, а на рисунке 2 последствия загрязнения и частого посещения населением в 2020. Такая картина наблюдается практически на всех участках, кроме полезащитных насаждений. На ПП 3 детальное обследование опубликовано в [10, с. 29-30].

<sup>1</sup> Лесные полосы ПП 1, ПП 2 – придорожные, ПП 3 – дубрава, ПП 4 – стокорегулирующая, ПП 5 – стокорегулирующая без рубок ухода, ПП 6 – полезащитная, ПП 7 – прифермская, ПП 8– прифермская, ПП 9 – прифермская с сельскохозяйственной нагрузкой, ПП 10 – насаждение санитарно-защитной зоны.



Рисунок 1 – Насажение санитарно-защитной зоны (ПП 10) до загрязнения (фото Н. М. Макаровой, 2006 год)



Рисунок 2 – Насажение санитарно-защитной зоны (ПП 10) после загрязнения (фото Н. М. Макаровой, 2020 год)

На противоэрозионные свойства защитных насаждений существенное влияние оказывает размер поглощающего воду слоя в прикорневой части растений, состоящий из опавших веток, листьев, сухой травы, и пр., т. е. лесная подстилка. Толщина лесной подстилки по вариантам наших опытов представлена на рисунке 3 (данные 2020 года).

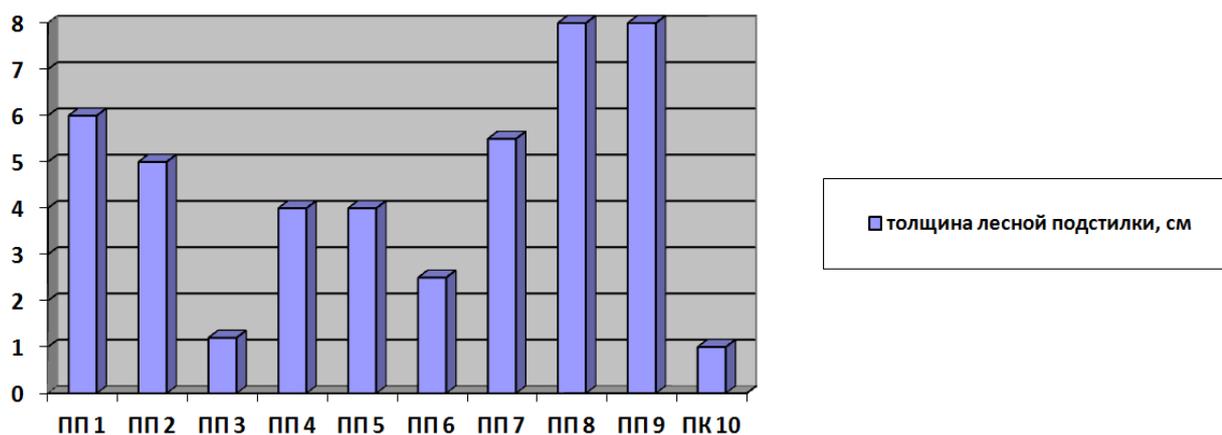


Рисунок 3 – Толщина лесной подстилки в насаждениях

Из рисунка 3 явно видно, что на ПП 3 и ПП 10 подстилка имеет минимальные значения. На ПП 3 подстилка полностью выгорела в результате пожара 2004 года, а на ПП 10 загрязнена и постоянно вытаптывается населением. Максимальное значение наблюдали на ПП 8, ПП 9, подверженных сельскохозяйственной нагрузке при производстве животноводческой продукции. Навоз и навозные стоки вблизи территории ферм попадают в насаждение, воздух насыщен парами загрязнителей, особенно азотистыми веществами, что благоприятно сказывается на росте сорных и рудеральных трав, имеющие большую массу, соответственно в сухом состоянии они формируют лесную подстилку большей толщины. Таким образом, противозерозионные свойства существующих мелиоративных насаждений наилучшие на участках ПП 8 и ПП 9.

Детальное обследование живого напочвенного покрова на пробах 8 и 9 показало, что на ПП 8 он состоит из амброзии полынолистной (*Ambrosia missifolia* L.) – 34,6%, одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) – 5,2%, полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.) – 12,1%, тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) – 3,4%, донника лекарственного (*Melilotus officinalis* L.) – 1,1%, клевера лугового (*Trifolium arvense*) – 1,5%, молочая лозовидного (*Euphorbia virgultosa* Klok. (*E. virgata* W. et K.)) – 1,7%, пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski (*Agropyron repens* (L.) Beauv.)) – 38,6%. Напочвенный покров ПП 9 аналогичен по составу, но различен по процентному отношению растений и состоит из амброзии полынолистной – 56,8%, одуванчика лекарственного – 4,9%, полыни обыкновенной – 11,2%, тысячелистника обыкновенного – 7,1%, донника лекарственного – 5,3%, клевера лугового – 1,1%, молочая лозовидного – 2,1%, пырея – 11,5%.

При обследовании существующих насаждений в 2020 году делили их на категории состояния. Распределение деревьев по категориям состояния приведено в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что наилучшее состояние имеют деревья в придорожных лесных полосах ПП 1, ПП 2 и в стокорегулирующей лесной полосе ПП 4, худшее – в прифермских лесных полосах – ПП 7, ПП 8, ПП 9.

**Выводы:** противозерозионные свойства мелиоративных защитных лесных насаждений лучше на участках ПП 8 и ПП 9, в местах, где сохранилась лесная подстилка; наилучшее состояние имеют придорожные лесные полосы участков ПП 1, ПП 2 и стокорегулирующие лесные полосы участков ПП 4 и ПП 5 без загрязнения навозом, навозными стоками, без посещения людьми. Для поддержания защитных свойств мелиоративных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения необходимо обязательные обследования и защиту их от загрязнения навозом и навозными стоками, от посещения людьми и животными.

Таблица 2 – Распределение деревьев по категориям состояния, % от запаса

| № пробы (пикет) | Состав       | Порода   | Возраст, лет | Распределение деревьев по категориям состояния |             |                    |           |              |              |                 |                 |                |                |                   |
|-----------------|--------------|--|--------------|--|-------------|--------------------|-----------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|
|                 |              |  |              | без признаков ослабления                       | ослабленные | сильно ослабленные | усыхающие | свежий сухой | старый сухой | свежий ветровал | старый ветровал | свежий бурелом | старый бурелом | аварийные деревья |
| ПП 1            | 10 Гл        | Гледичия трехколючковая  | 70           | 32,4   | 31,0        | 8,3                | 20,0      | 2,1          | 1,6          | 0               | 0               | 1,9            | 2,7            | 0                 |
| ПП 2            | 10 Аб        | Абрикос обыкновенный   | 70           | 23,0   | 42,0        | 10,0               | 14,6      | 3,9          | 2,6          | 0               | 1,0             | 1,2            | 1,7            | 0                 |
| ПП 3            | 4Д(ч)6Яс(з)  | Дуб черешчатый<br>Ясень ланцетный                                  | 77           | 10,6   | 31,6        | 5,3                | 31,0      | 7,6          | 5,2          | 2,0             | 1,8             | 2,6            | 2,3            | 0                 |
| ПП 4            | 5Р6ЗКл2Яс(з) | Робиния лжеакация<br>Клен полевой<br>Ясень ланцетный               | 57           | 20,1   | 13,6        | 3,8                | 38,7      | 4,4          | 6,7          | 1,3             | 5,0             | 3,3            | 3,1            | 0                 |
| ПП 5            | 5Р6ЗКл2Яс(з) | Робиния лжеакация<br>Клен полевой<br>Ясень ланцетный               | 57           | 19,9   | 7,3         | 10,0               | 25,8      | 15,1         | 9,4          | 2,1             | 6,6             | 2,6            | 1,2            | 0                 |
| ПП 6            | 1Д(ч)9Яс(з)  | Дуб черешчатый<br>Ясень ланцетный                                  | 72           | 15,6   | 8,4         | 6,0                | 30,2      | 11,0         | 8,1          | 1,1             | 13,1            | 3,1            | 3,4            | 0                 |
| ПП 7            | 1Д(ч)9Гл     | 1 ярус Дуб черешчатый<br>2 ярус Гледичия трехколючковая<br>Абрикос | 51           | 4,3  | 8,9         | 20,9               | 31,7      | 18,5         | 11,0         | 0               | 3,4             | 1,3            | 0              | 0                 |
| ПП 8            | 10Гл         | Гледичия трехколючковая<br>Акация желтая                           | 51           | 0  | 4,1         | 11,1               | 22,1      | 22,6         | 21,0         | 1,0             | 4,4             | 1,5            | 12,2           | 0                 |
| ПП 9            | 10 Гл        | Гледичия трехколючковая<br>Акация желтая                           | 51           | 0  | 0           | 0                  | 0         | 18,9         | 20,7         | 11,2            | 24,7            | 1,8            | 22,7           | 0                 |
| ПП 10           | 5Яс(о)5Яс(з) | Ясень обыкновенный<br>Ясень ланцетный<br>Клен татарский            | 46           | 6,4  | 12,6        | 3,1                | 24,1      | 19,7         | 17,3         | 1,1             | 9,2             | 3,1            | 3,4            | 0                 |

### Литература

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента РФ от 21 января 2020 года № 20. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/>.
2. Земельный кодекс Российской Федерации. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/>.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации в 2018 году. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.
4. ГОСТ 26462-85 Агролесомелиорация. Термины и определения/ Е. С. Павловский и др. – М. : Министерство сельского хозяйства СССР, 1986. – 8 с.
5. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 31.07.2020). – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/)
6. Правила содержания мелиоративных защитных лесных насаждений и особенности

мероприятий по их сохранению: утверждены Приказом Минсельхоза России от 30 июня 2020 года № 367. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56670463/>, 2020-11-23.

7. Правила санитарной безопасности в лесах: утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2017 г. № 607. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_217315/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217315/)

8. Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования: Приказ Минприроды РФ от 16 сентября 2016 г. № 480: по состоянию на 22 августа 2017 г. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420377904>

9. Макарова, Н.М. Лесомелиоративное регулирование потоков биогенных элементов на водосборах малых рек Нижнего Дона : Монография / Н.М. Макарова. – Новочеркасск : НПО «Темп», 2008. – 154 с.

10. Макарова, Н.М. Проблемы и перспективы использования дуба черешчатого для создания защитных лесных насаждений в степной зоне/ Н. М. Макарова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – Брянск : Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2020. – С. 27-31.

11. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

**УДК 631.616+631.432**

## **ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ НА ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

*А.Н. Медведников<sup>1</sup>, Р.А. Другомилов<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>УО БГСХА, г. Горки, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В статье рассматриваются задачи управления водным режимом на польдерных системах, направленные на качественное повышение урожайности культур, проходимости сельскохозяйственной техники, тушения пожаров и др.

**Ключевые слова:** *водный режим, польдерные системы, управление, грунт.*

**Summary:** the article deals with the problems of water regime management on polder systems aimed at qualitative improvement of crop yields, passability of agricultural machinery, fire fighting, etc.

**Key words:** *water regime, polder systems, management, soil.*

Грунт, при наличии в нем воды, является одним из сложнейших объектов природы. В нем различают более двадцати видов давлений, многие десятки физических и механических свойств, существенную часть которых обуславливает грунтовая вода. В этой связи грунтовой воде всегда уделялось большое внимание, что привело к созданию теории грунтовых вод и теории капиллярных явлений в грунте. Разработано множество технических средств воздействия на грунтовую воду. Однако до настоящего времени ввиду крайней сложности объекта «грунта с водой» имеются неясности и даже противоречия в понимании сущности протекающих в нем явлений и его свойств. Соответственно технические средства воздействия на грунтовую воду, основанные на несовершенных знаниях, также недостаточно совершенны. Так, современные гидромелиоративные системы управляют положением поверхности грунтовых вод, обеспечивая крайне низкую точность управления с ошибкой, достигающей 0,7 м и более. Часто грунтовые воды могут быть вообще неуправляемыми, что породило несправедливое негативное общественное мнение о гидромелиоративных

системах. Если вести речь о земляных сооружениях, таких как дамбы, плотины, то через их противофильтрационные завесы происходит неконтролируемый переток фильтрационной воды, что часто приводит к оползанию низовых откосов этих сооружений, потерям воды и т.п., грунтовые основания сооружений деформируются, что ведет их к аварийному состоянию. Поэтому важной задачей является управление водным режимом с учетом измерения уровней грунтовых вод при оперативных их изменениях, что в настоящее время все еще осуществляется с определенными неточностями. Особые сложности возникают при аналогичном управлении в системе «дамба – польдер» [1–6].

Польдерные системы получили широкое распространение в приморских территориях, у крупных водохранилищ, озер, рек, применяются в Калининградской области России, Литве, Латвии, Дании, Германии, Японии, США и др. Наиболее известна крупнейшая система «Зейдерзе» в Нидерландах, включающая пять польдеров – Вирингермер, Восточный и Южный Флеволанд, Маркервард, Нордостполдер. В белорусском Полесье строительство польдерных систем велось, главным образом, в зоне затопления и подтопления со стороны Припяти и низовья ее притоков. Первые системы здесь построены в 1960-е гг. (Дубновичи, Повить, Бокиниччи, Шеломичи, Травы, Выгонощи, Лемешевичи, Радостово и др.). Однако функционирование ряда польдерных систем выявило некоторые проблемы, например, недоосушку массивов, особенно вблизи подтопляющих водотоков, связанную с тем, что при проектировании польдерного осушения глубина регулирующей сети и расстояние между осушителями принимались в основном как при самотечном осушении и др. [1–7].

В настоящее время система управления водным режимом осушенных территорий должна отвечать следующему комплексу требований: ускорение оттаивания почвы, противозаморозковое увлажнение, оптимальная вегетация, оптимальное воздействие посевных и обрабатывающих орудий на почву, достаточная несущая способность почвогрунта при посеве, уборке, вывозе урожая, аэрация почвы, плановость сельскохозяйственных работ, тушение пожаров на торфяниках [1– 6, 8, 9].

Из этих требований вытекают основные для общего случая исходные технологические задачи системы управления. Во-первых, это задача создания определенного водного режима почвы к началу сева культур после весеннего снеготаяния. Данный режим диктуется условиями всхожести семян и проходимости техники при севе. Во-вторых, это задачи достаточно точного поддержания нужного водного режима в течение вегетационного периода за счет увлажнительных мероприятий при недостатке воды, расходуемой на водопотребление культурой и на отток за пределы участка. Указанный режим диктуется условиями наилучшей вегетации культуры, накоплением урожая и работой обрабатывающей техники. В-третьих, это задачи достаточно точного поддержания нужного водного режима почвы за счет дренажных мероприятий при избыточном поступлении воды на участок от выпавших атмосферных осадков. Такой режим диктуется условиями роста и развития растений, а также эффективной работой техники при обработке участка и при уборке и вывозе урожая. Последнее условие – уборка и вывоз урожая – это требование прочностных свойств грунта, которые зависят от водного режима и при отсутствии управления которыми необходимо строить густую капитальную дорожную сеть, что резко снижает эффективность технических мероприятий.

Используя приведенные исходные технологические задачи, выполним строгую постановку ключевых технологических задач, которые должны осуществляться системой управления водным режимом почво-грунта. Для этого развернем указанные выше задачи и рассмотрим их детально. В результате получим следующие наиболее важные ключевые технологические задачи:

- 1) создать максимально быстро определенный необходимый водный режим к началу сева, иногда и при минимальном сбросе воды. Главная цель – обеспечить максимально ранние дружные всходы. Промежуточная цель управления – обеспечить проходимость посевной технике;

2) обеспечить достаточно точное поддержание необходимого водного режима в течение вегетационного периода как при недостатке естественного поступления воды и расходе на водопотребление и отток за пределы участка, так и при избыточном поступлении воды на участок от атмосферных осадков и притока извне. Конечная цель – рост культуры и накопление урожая. Промежуточная цель – эффективная работа обрабатывающей техники;

3) создать максимально быстро определенный водный режим для уборки урожая при избыточном поступлении воды на участок от атмосферных осадков и/или извне (минимальный сброс здесь не имеет смысла). Конечная цель – эффективная работа уборочной и транспортной техники (проходимость и качество уборки, например, отделение корнеплодов от земли и др.). Промежуточная цель – обеспечить возможное максимально раннее начало уборки;

4) обеспечить поддержание необходимого водного режима в течении уборочного периода при избыточном поступлении воды на участок от атмосферных осадков и от притока извне. Конечная цель совпадает с указанной в п.3;

5) создать максимально быстро определенный водный режим после проведения внутривегетационной обработки почвы или уборки (например, трав) при недостатке естественного поступления воды и расходе на водопотребление или на отток за пределы участка. Конечная цель – рост культуры и ее максимальный урожай;

6) создать определенный водный режим для уборки урожая за строго определенное время, вытекающее из плановости проведения работ в хозяйстве. Конечная цель – обеспечить возможность планового ведения работ (раньше уборку проводить нельзя ввиду неготовности или занятости техники, позже – также нельзя ввиду потерь урожая или простаивания техники);

8) быстро увлажнить верхние слои почвы. Конечная цель – тушение возможных пожаров;

9) произвести повторные подъемы и опускания поверхности свободной грунтовой воды. Конечная цель – вентиляция почвы.

Выполнение комплекса сформулированных задач управления водным режимом почв позволит польдерной системе эффективно функционировать не только для достижения главной своей цели – увеличения площади сельскохозяйственных угодий, а также качественного повышения урожайности культур, проходимости сельскохозяйственной техники, тушения пожаров и др.

## Литература

1. Русецкий, А.П. Прохождение половодий через затопливаемые польдеры/ А.П. Русецкий // Модернизация мелиоративных систем и пути повышения эффективности использования осушенных земель. – Минск, 1998. – С. 123-127.

2. Русецкий, А. П. Затопливаемые польдеры Белорусского Полесья/ А.П. Русецкий. – Минск, 2004. – 143 с.

3. Русецкий, А.П. Польдерные системы/ А.П. Русецкий, М.В. Нестеров, П.М. Колесникович. – Горки : БГСХА, 2012. – 184 с.

4. Эффективное сельскохозяйственное использование пойменных земель Припятского Полесья/ Э.Н. Шкутов и др. – Минск, 2015. – 48 с.

5. Кащенко, Н.М. Расчет параметров польдерных систем сельскохозяйственного назначения/ Н.М. Кащенко, В.П. Ковалев, В.В. Васильев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 128-132.

6. Кащенко, Н.М. Польдерные системы сельскохозяйственного назначения. Расчет параметров реконструируемых систем/ Н.М. Кащенко, В.В. Васильев, В.П. Ковалев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 131–136.

7. Андреев, И. Ниже уровня моря. Управление природными рисками в Нидерландах/ И. Андреев // Инженерная защита. – 2015. – № 6. – С. 75–85.

8. Кумачев, В.И. Измерение уровня грунтовых вод для прогрессивных мелиоративных систем на польдерах/ В.И. Кумачев, А.Н. Медведников // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 147-151.

9. Кумачев, В.И. Совершенствование способов управления водным режимом осушенных земель/ В.И. Кумачев, А.Н. Медведников, Д.А. Лисс // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 84-90.

10. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

УДК 626.862.4

## ВОЗМОЖНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ В ГУМИДНОЙ ЗОНЕ

*А.И. Митрахович<sup>1</sup>, Н.М. Авраменко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ГП «Полесская опытная станция», п. Полесский, Брестская область, Республика Беларусь

**Аннотация.** Приведены результаты эффективности действия вертикального дренажа как осушительно-оросительной системы в регионе Белорусского Полесья. Данные получены на основании проведенных исследований на опытно-производственных участках вертикального дренажа Полесской опытно-мелиоративной станции на площади 1070 га. Сделаны выводы о возможности применения в современных условиях мелиоративных систем вертикального дренажа в гумидной зоне в благоприятных гидротехнических условиях.

**Ключевые слова:** вертикальный дренаж, орошение, скважина, дождевальные машины и установки.

**Summary.** The results of the effectiveness of vertical drainage as a drainage and irrigation system in the region of the Belarusian Polesie are presented. The data were obtained on the basis of studies carried out at the experimental production sites of vertical drainage of the Polesie experimental reclamation station on an area of 1070 hectares. Conclusions are drawn about the possibility of using in modern conditions amelioration systems of vertical drainage in a humid zone in favorable hydraulic conditions.

**Key words:** vertical drainage, irrigation, well, sprinkler machines and installations.

### **Введение**

В последние годы на сельскохозяйственном производстве всё чаще негативно сказываются природные условия, обусловленные многими причинами, и без проведения мелиоративных мероприятий высокоэффективное земледелие на значительной части сельскохозяйственных угодий гумидной зоны немыслимо.

Водный режим мелиорируемых земель подвержен значительным колебаниям в разные годы и в течение одного года. Различны и сельскохозяйственные культуры, входящие в севооборот, т.е. один и тот же водный режим может быть оценен для одних культур как благоприятный, а для других – как неблагоприятный. Поэтому регулирование водного режима корнеобитаемого слоя почвы в пределах, обеспечивающих требуемые условия развития растений, – основное назначение мелиоративных систем, которые должны быть осушительно-увлажнительными. Современные осушительно-увлажнительные

мелиоративные системы созданы на основе открытой осушительной сути и горизонтального дренажа, подпочвенное увлажнение и дождевание на которых осуществляется исключительно за счёт использования поверхностных вод. Следует учитывать, что подпочвенное увлажнение довольно инерционно и сопряжено с большими потерями на фильтрацию. Это обуславливает необходимость разработки конструкции мелиоративных систем с универсальными возможностями регулирования водного режима почв в определенных природных условиях.

В 80–90 годах прошлого столетия довольно широко разрабатывались и апробировались всевозможные конструкции технически совершенных автоматизированных осушительно-увлажнительных систем. В этой связи представляется целесообразным оценить их эффективность и возможность применения в современных условиях с учетом научно-технического прогресса в области мелиорации.

### **Результаты исследований и обсуждение**

В определенных гидрогеологических условиях одним из перспективных способов мелиорации земель в гумидной зоне рассматривается вертикальный дренаж. В 1971–1989 гг. на землях Полесской опытно-мелиоративной станции (ПОМС) под руководством академика ВАСХНИЛ А.И. Мурашко была построена первая в СССР осушительно-оросительная система вертикального дренажа. Его эффективность и работоспособность апробировались на опытно-производственных участках общей площадью 1070 га. В благоприятных природных условиях осушительно-оросительные системы на базе вертикального дренажа при соответствующих режимах эксплуатации надежно обеспечивают требуемый водный режим для основных сельскохозяйственных культур, о чем свидетельствует более чем двадцатилетний опыт эксплуатации такой системы на ПОМС в период с 1974 по 1996 год. [1, 2].

Система строилась в два этапа. На первом этапе в 1971–1975 гг. построена осушительно-оросительная система вертикального дренажа на площади 400 га. Она состояла из четырех основных дренажных (водозаборных) скважин, расположенных по углам квадрата с расстоянием 1 км. В центре участка предусмотрена резервная скважина. В исследовательских целях построены четыре скважины по углам квадрата со стороной 500 м. Глубина скважин 32–40 м, диаметр 300–350 мм.

Скважины оборудованы погружными насосами ЭЦВ 16-120-60 и ЭЦВ 12-255-30. Дебит скважин – 170–250 м<sup>3</sup>/ч. Подвод электроэнергии осуществлялся по подземным кабелям, от центральной трансформаторной подстанции, мощностью 400 квт, расположенной в центре участка.

Сброс воды из скважин в открытые каналы производился по подземным чугунным трубопроводам диаметром 200 мм.

Устья дренажных скважин размещены в подземных колодцах; распределительная арматура и измерительные приборы также расположены в подземных железобетонных колодцах.

Станции управления насосами расположены в павильонах и полузаглубленных колодцах, чтобы не препятствовать движению дождевальных машин. В центральной части участка находится бассейн суточного регулирования и подогрева воды объемом свыше 6 000 м<sup>3</sup>, а также стационарная оросительная насосная станция. В здании насосной станции расположены центробежные насосы 6 НДВ, которые забирают воду из бассейна и подают ее к дождевальным агрегатам.

Орошение участка производилось двумя «Волжанками» ДКШ-54, двумя «Фрегатами» ДМ-424-90 и одной дождевальной установкой КИ-50 «Радуга».

Вода к ним подавалась оросительной насосной станцией из бассейна по подземным трубопроводам, а также в исследовательских целях непосредственно из скважин.

Здание насосной станции совмещено с диспетчерским пунктом управления, который частично обеспечивал управление насосами, а также автоматическую работу погружных насосов в режиме осушения по уровню воды в наблюдательных скважинах. Непосредственно

с пульта управления можно было производить пуск и остановку погружных и центробежных насосов. Принятое оборудование позволяло также производить и местное управление насосами.

Вторая очередь вертикального дренажа построена в 1985–1989 гг. на площади 670 га, при этом имеет ряд новых конструктивных решений, которые приняты с учетом опыта эксплуатации 1-ой очереди системы [2]. Система включала 19 дренажных скважин, расположенных относительно равномерно по площади. Пять из этих скважин расположены в линию с расстоянием между ними 700 м. Они оборудованы погружными насосами ЭЦВ 12-250-30 и к ним подсоединены с помощью сифонных трубопроводов остальные скважины. Следует отметить, что на этой системе впервые в бывшем Союзе применены вакуумные системы такой конструкции. Длина сифонов достигала 1050 м. Они выполнены из полиэтиленовых труб диаметром 150–200 мм. Зарядка их осуществлялась эжектирующим устройством, что исключает необходимость применения вакуумных насосов. Часть площади участка (320 га) предназначалась для орошения дождевальной машиной «Кубань», которая обеспечивалась водой из скважин, подававших ее в лоток. Для повышения интенсивности осушения понижений с глубоким торфяником в них заложены локальные системы горизонтального дренажа с отводом воды в сифонные скважины.

Приемные скважины на сифонных водосборах выполнены с различным диаметром эксплуатационной колонны. Верхняя часть длиной до 16 м имеет диаметр 630 мм, в нее опущены нисходящие колонны сифонов, диаметр нижней части – фильтр 430 мм. Фильтр выполнен с продольными отверстиями и проволоочной обмоткой с шагом 3–10 мм, поверх которой укладывалась волокнисто-пористая полиэтиленовая оболочка. Диаметр сифонных скважин 250–300 мм, глубина 16–18 м. Удельный дебит сифонных скважин 6–10 м<sup>3</sup>/ч·м, приемных 30–40 м<sup>3</sup>/ч·м (350–400 м<sup>3</sup>/ч) [2].

Принцип действия этой системы заключался в регулировании уровня грунтовых вод путем изменения режима откачек из скважин и использование подземных вод в требуемый период на орошение.

Работа системы в режиме осушения: в весенний период, а также после затяжных дождей необходимая норма осушения достигается путем откачки грунтовых вод дренажными скважинами. Откачиваемая вода сбрасывается в каналы или аккумулируется в бассейне.

Режим орошения. В засушливый период влажность корнеобитаемого слоя регулируется орошением подземными водами. Вода подавалась к дождевальным установкам из бассейна или непосредственно из скважин погружными насосами. ДМ «Кубань» забирала воду из лотка.

Были проведены специальные исследования по установлению эффективности орошения луговых трав на мелкозалежных торфяниках низкотемпературной (8,0–8,5°С) подземной водой при подаче ее в дождевальные машины (установки) через аккумулирующий бассейн и непосредственно из скважин.

По химическому составу вода из скважин является гидрокарбонатно-натриевой с общим количеством растворенных солей около 0,5 г/л, без агрессивных кислот. Эта вода пригодна для орошения сельскохозяйственных культур без ограничений.

Дождевание осуществлялось установкой КИ-50 «Радуга». Поливы проводились исходя из условий поддержания влажности почвы в оптимальных пределах (от 70% НВ до НВ). Норма полива обычно составляла 400–450 м<sup>3</sup>/га, а в неустойчивую погоду после стравливания снижалась до 200–250 м<sup>3</sup>/га.

При заборе воды из аккумулирующего бассейна температура ее на выходе из сопла дождевального аппарата «Роса-3» составляла 15–23°С, а непосредственно из скважины – 8–10°С.

Наблюдения показали, что если температура воздуха ниже, чем температура воды на выходе из сопла дождевального аппарата, то капли воды в процессе дождевания охлаждаются; когда же температура воздуха выше, чем воды на выходе из сопла, то

падающие капли нагреваются. В дневное время температура дождевальной воды, падающей на растения, составляет 14–22°C при заборе ее из бассейна и 12–16°C – при заборе из скважин, ночью соответственно – 9–16°C и 5–11°C. Максимальное повышение температуры капель во время их полета в воздухе (полив из скважины днем) составило 8°C, а понижение (полив ночью из бассейна) – 8,6°C.

Непосредственно после поливов водой из бассейна наблюдалось увеличение температуры пахотного слоя на 0,5–2,5°C, а из скважины – снижение на 0,5–3,5°C в сравнении с неорошаемым вариантом. Через 1-3 суток температура почвы по всем вариантам полива выравнивалась. В среднем за летний период она была примерно одинаковой.

Поливы холодной водой не сказались отрицательно на продуктивности пастбища. Дождевание подогретой подземной водой из аккумулирующего бассейна и холодной водой непосредственно из скважин обеспечивает практически одинаковую прибавку урожая: 25,2–27,8 ц сухой массы бобово-злаковой травосмеси и 19,2–20,5 ц злаковой с гектара.

Данные исследований доказывают возможность орошения многолетних трав подземной водой путем подачи ее из скважин непосредственно к дождевальным установкам и машинам. Целесообразность устройства бассейна должна устанавливаться исходя из условий рационального использования дебита скважин и насосного оборудования системы [3].

Дебит скважин на Полесье часто достигает 50–80 л/с. Две такие скважины (а иногда даже одна) при соответствующем их насосно-силовом оборудовании могут обеспечить нормальную работу дождевальной машины «Фрегат» или «Волжанка» без аккумулирующего бассейна и насосной станции второго подъема при нем. Кроме того, при подаче воды в дождевальные системы непосредственно из скважинных насосов облегчаются условия автоматизации полива, снижается или же отпадает потребность в магистральных трубопроводах, уменьшаются затраты электроэнергии.

Результаты более чем 20-летних исследований на данной системе и опыта ее эксплуатации позволили сделать ряд выводов об эффективности и работоспособности вертикального дренажа.

Вертикальный дренаж может обеспечивать высокую интенсивность осушения. В первые трое суток работы скважин скорость понижения УГВ составляет 8-40 см в сутки в зависимости от дебита скважин и расстояния от них. Например, при откачке из одиночной скважины с дебитом 150 м<sup>3</sup>/ч понижение УГВ на расстоянии 500 м от скважины составило за сутки 12 см, а на расстоянии 200 м – 40 см. В период откачек понижение УГВ до 3–5 м наблюдается в радиусе 5–10 м от скважины. В зависимости от интенсивности и длительности откачек влияние одиночной скважины может распространяться в радиусе 0,5–1,0 км.

Площадь осушения одной скважиной – при работе скважины в течение 4–7 суток составляет 35–45 га, и может достигать 75 га. При работе системой скважин, например четырех скважин, расположенных по квадрату с расстоянием между скважинами 1 км с общим дебитом 560 м<sup>3</sup>/ч, за 5 суток работы среднее понижение по площади участка составило 45–55 см.

Практика показала, что эксплуатационный режим определяется в основном конкретно складывающейся мелиоративной обстановкой и назначается по одному из следующих вариантов:

- а) осушение всеми скважинами системы одновременно при необходимости значительного понижения уровня грунтовых вод по всей площади;
- б) осушение локальных наиболее переувлажненных участков отдельными скважинами.

Максимальная продолжительность работы системы составляла 25 суток, а в среднем не превышала 12 суток. Объем сброшенной воды колебался от 54 до 450 тыс. м<sup>3</sup> или от 0,05 до 0,5 л/с с гектара.

В засушливый период система работала в режиме орошения, скважины при этом каптировали значительный объем воды. Так, в 1979 году на орошение было подано 273, в 1984 г. – 125, в 1987 г. – 132 тыс. м<sup>3</sup> воды.

Часть оросительной техники («Фрегат»; «Волжанка») снабжалась водой непосредственно из скважин. В скважине, которая обеспечивала работу «Волжанки» был установлен насос ЭЦВ-12-210-55, а на «Фрегате» работал насос ЭЦВ-12-16-65.

Поливная норма поддерживалась около 300 м<sup>3</sup>/га. На протяжении 1980-1982 гг. эти дождевальные машины работали стабильно. В общей сложности за 1981 год скважина с «Фрегатом» отработала на орошение 366 часов, причем полив производился в одну смену. За период с 25 мая по 26 августа «Фрегат» сделал пять полных оборотов. Скважина с «Волжанкой» отработала на орошение 112 ч. Второй «Фрегат», работавший на воде из бассейна, отработал в этом сезоне 102 часа.

Всего скважины в 1984 году работали в режиме орошения 695 часов, подав на полив около 120 тыс. м<sup>3</sup> воды. Было установлено, что периодическая работа скважин на орошение незначительно сказывается на понижении УГВ в радиусе ее действия. Наблюдения показали, что сработка уровня грунтовых вод за один полив не превышала 10–15 см в радиусе 100–150 м от скважины и через 1–2 суток происходит почти полное его восстановление. Работа дождевальных машин непосредственно от скважин значительно уменьшала расход электроэнергии. Так, на один полив «Фрегатом» из скважины израсходовано 3600 квт.ч. электроэнергии, а на полив «Фрегатом» от стационарной оросительной насосной станции с учетом подачи воды из скважин в бассейн – 9 800 квт.ч.

За оросительный период (5 поливов) экономия электроэнергии при работе одного «Фрегата» составила свыше 30 тыс. квт.ч.

Работа системы вертикального дренажа в основном весной не приводит к истощению водных ресурсов мелиорируемой территории. На данной площади ежегодно происходит восстановление уровней грунтовых вод.

Сравнивая осушительные действия вертикального дренажа с другими конструкциями – открытая сеть, горизонтальный дренаж, можно отметить, что по режиму формирования УГВ и его величине, она практически аналогична горизонтальному дренажу с расстоянием между дренами – 50 м.

Система оказалась эффективной при организации противопожарных мероприятий и тушении пожаров на торфяниках так как обладает гарантированным водоисточником подземных вод, что подтверждено при ликвидации пожара на торфяниках ПОМС[4].

Оценивая надежность систем вертикального дренажа можно констатировать, что она зависит в первую очередь от надежной работы скважин. За время эксплуатации систем из строя вышло 3 скважины с проволочными фильтрами из оцинкованной проволоки, за счет ее коррозии. Хорошо зарекомендовали себя скважины с фильтрами, водоприемная поверхность которых выполнена их волокнисто-пористых полиэтиленовых оболочек.

Опыт эксплуатации показал значительное преимущество конструкций наземных насосных станций по сравнению со станциями подземного типа, камеры которых весной затапливаются водой, что затрудняет эксплуатацию.

Строить мелиоративные системы вертикального дренажа с использованием подземных вод на орошение можно только в определенных гидрогеологических и почвенных условиях осушаемых земель. Под вертикальный дренаж подходят объекты на которых торфяники, легкие минеральные почвы подстилаются мощной водоносной толщей (не менее 15 м) песчаных отложений с коэффициентом фильтрации более 8 м/сут. и водопроницаемостью не менее 100 м<sup>2</sup>/сут. К таким регионам относятся Припятское Полесье, Деснинское и Окско-Мещерское полесья, Прибалтийские республики, болота Западной Сибири и другие [1, 5].

В современных условиях при проведении реконструкции мелиоративных систем в определенных гидрогеологических условиях вертикальный дренаж целесообразно рассматривать наравне с другими конструкциями. В принципе, при любом проектировании

необходимо прорабатывать различные варианты систем, принимая во внимание не только затраты, но и функциональные возможности систем.

Расчеты показывают, что по капитальным затратам система вертикального дренажа вполне конкурентоспособна с горизонтальным дренажем. Приведенные затраты на вертикальном дренаже лишь на 15–18% больше, чем на горизонтальном. Эксплуатационные затраты в настоящее время почти на 40% выше. Стоимость электроэнергии составляет около 5–8% от всех эксплуатационных затрат [2].

Учитывая, что вертикальный дренаж система многофункциональная, она может выполнять осушение, орошение, водоснабжение пастбищ, обеспечивать противопожарные мероприятия, поэтому в отдельных случаях ей следует отдавать предпочтение другим конструкциям.

### **Выводы**

1. Вертикальный дренаж в условиях опытного участка на ПОМС при мощном водоносном горизонте (более 15 м) и коэффициенте фильтрации его более 8м/сут с глубины 3–4-х метров обеспечивает высокую осушительную эффективность.

2. Площадь осушения одной скважины при работе системы в благоприятных гидрогеологических условиях составляет 35–50 га и может достигать до 80 га.

3. Дебит дренажных скважин позволяет обеспечивать подземной водой практически любую оросительную технику при подаче воды непосредственно из скважин.

4. Работа системы вертикального дренажа не приводит к истощению водных ресурсов, что подтверждалось ежегодным восполнением водных запасов по восстановлению уровня грунтовых вод в весенний период.

5. В условиях ярко выраженного микрорельефа поверхности, наличии грунтового напорного питания или прослоек слабоводопроницаемых грунтов вертикальный дренаж целесообразно дополнять горизонтальным дренажем с водопоглощающими элементами.

### **Литература**

1. Мурашко, А.И. Осушение земель вертикальным дренажем/ А.И. Мурашко, А.И. Митрахович, С.В. Довнар, В.А. Немиро. – Минск : Ураджай, 1980. – 245 с.

2. Митрахович, А.И. Оценка работоспособности и надежности систем вертикального дренажа в Республике Беларусь/ А.И. Митрахович // Сб.: Мелиорация переувлажненных земель : Труды БелНИИМ и Л. – Т. XIV. – 1998. – С. 45-52.

3. Авраменко, Н.М. Орошение культурных пастбищ подземными водами на торфянисто-глеевых почвах Полесья : автореферат дис. ... канд. техн. наук/ Н.М. Авраменко. – Минск, 1992. – 24 с.

4. Лихацевич, А.П. Противопожарные мероприятия на торфяниках с использованием подземных вод/ А.П. Лихацевич, В.Т. Климов, А.И. Митрахович // Сб.: Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию пожарной службы Республики Беларусь. – Минск, 2003. – С.39-41.

5. Мурашко, А.И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне/ А.И. Мурашко. – Москва : Колос, 1982. – 271 с.

6. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб. Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 323-326.

7. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

## ПРИРОДООХРАННЫЙ РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ОКСКОЙ ПОЙМЫ

*П.И. Пыленок<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г.Рязань, Россия*

**Аннотация.** Рассматривается возможность снижения оросительных норм и расхода воды на единицу товарной продукции при увлажнении осушаемых аллювиальных почв путем применения природоохранного мелиоративного режима.

**Ключевые слова:** аллювиальные почвы, осушение, увлажнение, ресурсосбережение.

**Summary.** The possibility of reducing irrigation rates and water consumption per unit of commodity production when moistening drained alluvial soils through the application of environmental reclamation regime is considered.

**Key words:** alluvial soils, drainage, humidification, resource conservation.

Одним из главных критериев природопользования и оценки экологического уровня технологических решений в мелиорации является ресурсосбережение. Другим ограничивающим критерием оптимизации водного режима почвы при равенстве остальных факторов жизни растений принято считать урожайность сельскохозяйственных культур, полученную с наименьшими затратами воды на единицу продукции [1, 2].

С целью снижения норм увлажнения осушаемых аллювиальных почв, используемых под овощными культурами, травами и картофелем, нами были выполнены многолетние полевые и лизиметрические опыты в Рязанской области. В результате предложен природоохранный режим увлажнения, который является ресурсосберегающим, почвоохранным, экологически и экономически более эффективным по сравнению с традиционным режимом увлажнения. Как элемент рециклинговой гидромелиоративной технологии этот режим увлажнения позволяет более эффективно утилизировать биогенные вещества, растворенные в дренажных водах. Определение обеспеченных величин норм увлажнения выполнено по многолетним рядам данных, полученных с использованием алгоритма расчета режима увлажнения сельскохозяйственных культур [3] с учетом неустановившегося движения грунтовых вод [4].

Природоохранный режим увлажнения формируется с учетом почвенно-климатических, гидрогеологических условий, биологических особенностей сельскохозяйственных культур, фаз их развития и уровня урожайности. Максимальные значения оросительных норм устанавливаются из расчета, что они в сумме с атмосферными осадками и подпитыванием от грунтовых вод не должны превышать то количество влаги, которое может быть ассимилировано растениями-автотрофами в процессе фотосинтеза и физического испарения. Преимущества природоохранного режима увлажнения по сравнению с традиционным (биологически оптимальным) проявляются в снижении норм увлажнения и числа поливов, что достигается за счет использования следующих факторов:

1) при расчете влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы определяется на нижней границе расчетных слоев различной мощности, где он превышает влагообмен между грунтовыми водами и зоной аэрации;

2) мощность увлажняемого слоя почвы дифференцирована в соответствии с ростом корневой системы растений и фазами их развития;

для сокращения водных, материальных, энергетических затрат предполивные пороги влажности почвы снижены на 5...10% (в зависимости от вида культур, их засухоустойчивости, фаз развития растений) по сравнению с рекомендуемыми для гумидной зоны;

3) предложено послеполивную влажность принимать (0,80...0,95) НВ, что создает в расчетном слое почвы аккумулялирующую емкость, позволяет сохранить почвенное плодородие, более эффективно использовать выпадающие вслед за поливом атмосферные осадки, снизить вероятность возникновения и ослабить интенсивность промывного водного режима, вымывания элементов питания растений, загрязнения водоемов и водотоков биогенными веществами.

Природоохранная увлажнение позволяет снизить нормы в средnezасушливый год на 10...37 мм, засушливый 14...45 мм, остроzасушливый 19...61 мм, что соответствует сокращению 1...2 поливов, по сравнению с биологически оптимальным режимом увлажнения, рекомендуемым для южной части Нечерноземной зоны [4]. Удельный расход оросительной воды на единицу продукции снижается: капусты среднепоздней на 25...33%, картофеля на 28...32%, корнеплодов (морковь и свекла столовая) на 31...46%, огурца на 27...38% (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка параметров режимов увлажнения на осушаемых суглинистых почвах Рязанской области

| Режим увлажнения             | Суммарный индекс загрязнения почвы ТМ «Z <sub>c</sub> » | Урожайность, т/га | Нормы увлажнения, мм при обеспеченности, % |     |     |     | Расход оросительной воды на единицу продукции, м <sup>3</sup> /т при обеспеченности, % |    |    |    | Примечание                |
|------------------------------|---|-------------------|--|-----|-----|-----|--|----|----|----|---------------------------|
|                              |   |                   | 50   | 75  | 85  | 95  | 50   | 75 | 85 | 95 |                           |
| <i>Капуста среднепоздняя</i> |   |                   |  |     |     |     |  |    |    |    |                           |
| Биологически оптимальный     | -   | 60                | 74   | 110 | 132 | 172 | 12   | 18 | 22 | 29 | Рекомендации... [5]       |
|                              | -   | 30                | 36   | 62  | 77  | 105 | 12   | 21 | 26 | 35 |                           |
| С учетом загрязнения почв ТМ | 15  | 61,2              | 76   | 111 | 134 | 174 | 12   | 18 | 22 | 29 | Рекомендации... [6]       |
|                              | 35  | 30,6              | 37   | 63  | 73  | 106 | 12   | 21 | 24 | 35 |                           |
| Природоохранный              | -   | 60                | 52   | 77  | 92  | 118 | 9  | 13 | 15 | 20 | Результаты полевых опытов |
|                              | -   | 30                | 25   | 43  | 54  | 73  | 8  | 14 | 18 | 24 |                           |
| <i>Картофель</i>             |   |                   |  |     |     |     |  |    |    |    |                           |
| Биологически оптимальный     | -   | 30                | 48   | 75  | 90  | 119 | 16   | 25 | 30 | 40 | Рекомендации... [5],      |
|                              | -   | 20                | 36   | 59  | 72  | 99  | 18   | 30 | 36 | 50 |                           |
| С учетом загрязнения почв ТМ | 10  | 30,4              | 51   | 79  | 94  | 124 | 17   | 26 | 31 | 41 | Рекомендации... [6]       |
|                              | 30  | 20,8              | 35   | 53  | 71  | 98  | 17   | 26 | 34 | 47 |                           |
| Природоохранный              | -   | 28,6              | 32   | 50  | 61  | 78  | 11   | 17 | 21 | 27 | Результаты полевых опытов |
|                              | -   | 19,1              | 24   | 39  | 49  | 67  | 13   | 20 | 26 | 35 |                           |

Полученное сокращение сезонных норм увлажнения отвечает требованиям закона *убывающей отдачи*, обеспечивает снижение ресурсопотребления. Предлагаемые сезонные нормы увлажнения на 12...25%, а расход оросительной воды на единицу продукции в 1,8...2,5 раза меньше по сравнению с действующими в регионе нормативами [5, 6].

Оценка параметров природоохранного режима увлажнения в составе рециклинговой мелиоративной технологии показала [7, 8], что предельная сезонная норма увлажнения составляет 25 мм в средний и 155 мм в засушливый и жаркий годы. Эксплуатационная апробация выявила существенные преимущества природоохранного режима увлажнения (ПРУ) по сравнению с традиционным (ТРУ). Снижение в полевых опытах нормы

увлажнения капусты в 1,6...2,2 раза и картофеля в 2 раза не вызвало существенного снижения урожайности этих культур, при одновременном снижении удельного расхода оросительной воды на тонну продукции в 2,3 и 1,9 раза соответственно. Ослабление промывного водного режима в условиях природоохранного режима увлажнения составило 94, 23 и 10 мм соответственно в засушливый, средний и влажный вегетационный периоды (табл.2). Примечательно, что первое значение сопоставимо с природоохранной нормой увлажнения (99 мм в засушливый год), а второе составило 35 % от нее (65 мм в средний год).

Таблица 2 – Сравнительная эффективность природоохранного и традиционного режимов увлажнения осушаемых пойменных земель<sup>1</sup>

| Показатели  | Характеристика вегетационного периода |                          |                         |
|---|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|   | влажный и холодный                    | средний                  | засушливый и жаркий     |
| Атмосферные осадки, мм  | 243                                   | 181                      | 109                     |
| Уровни грунтовых вод, см  | $\frac{85-106}{ср.100}$               | $\frac{100-130}{ср.116}$ | $\frac{96-131}{ср.113}$ |
| Нормы увлажнения, мм:   |                                       |                          |                         |
| природоохранный   | 20                                    | 65                       | 99                      |
| традиционный  | 52                                    | 105                      | 216                     |
| Влагообмен между грунтовыми водами и почвой, мм:                  |                                       |                          |                         |
| природоохранный   | -38                                   | +69                      | +11                     |
| традиционный  | -48                                   | +46                      | -83                     |
| Водопотребление капусты, мм:                                      |                                       |                          |                         |
| природоохранный   | 268                                   | 423                      | 316                     |
| традиционный  | 289                                   | 449                      | 392                     |
| Урожайность капусты, т/га:  |                                       |                          |                         |
| природоохранный   | 64,5                                  | 129,0                    | 81,9                    |
| традиционный  | 69,4                                  | 127,1                    | 72,2                    |
| контроль  | 60,3                                  | 115,2                    | 52,6                    |
| Расход оросительной воды на единицу продукции, м <sup>3</sup> /т: |                                       |                          |                         |
| природоохранный   | 3,1                                   | 5,0                      | 12,1                    |
| традиционный  | 7,5                                   | 8,3                      | 29,9                    |

Для увлажнения использовались дренажные воды, которые характеризовались благоприятной реакцией среды (рН = 6,4...7,0), восстановительным режимом, повышенными концентрациями аммиачного азота и фосфора. Электропроводимость дренажных вод изменялась от 300 до 315 мкС/см<sup>2</sup>. Отмечалось снижение концентрации биогенных элементов в дренажных водах в процессе их утилизации.

Ресурсоемкость изучаемых технологий оценивалась по расходу оросительной воды на единицу продукции. Наиболее эффективным по этому показателю оказался вариант ПРУ+ЭМ (ЭМ – композиция эффективных микроорганизмов), в котором расход оросительной воды был минимальным 10,7 м<sup>3</sup>/т, что в 1,5 и 3 раза меньше, чем в вариантах ПРУ и ТРУ соответственно (рис. 1).

<sup>1</sup> Природоохранный режим увлажнения – предполивная влажность по фазам развития картофеля (0,6...0,7)НВ, послеполивная (0,90...0,95)НВ; традиционный режим увлажнения соответственно (0,70...0,75) НВ и ИНВ.

Это позволяет утверждать, что улучшение почвенно-биотического комплекса путем применения композиции эффективных микроорганизмов способствует росту урожайности и снижению затрат воды на единицу товарной продукции.

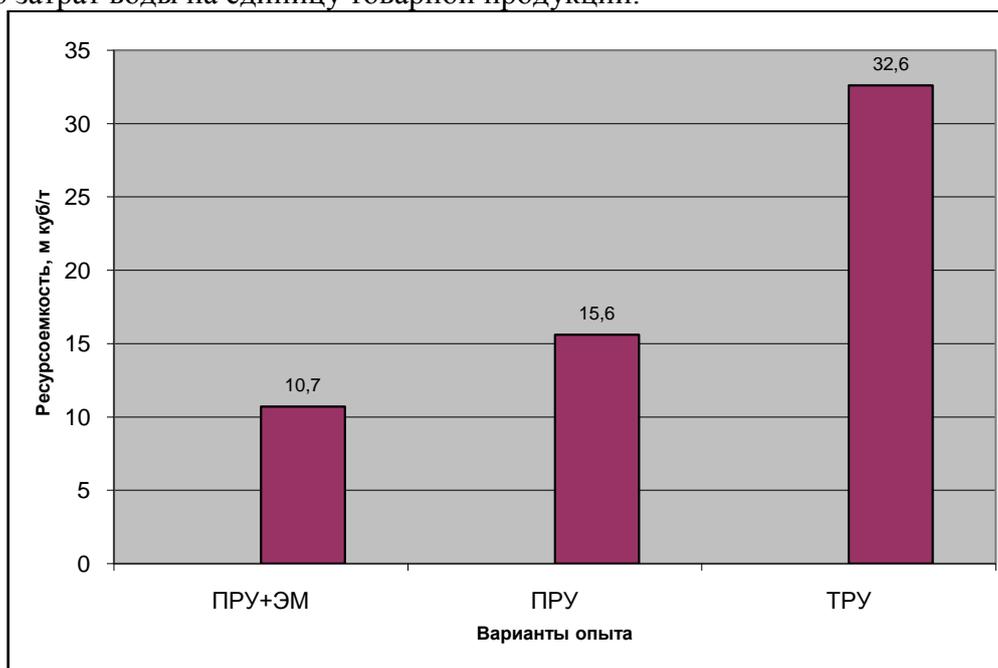


Рисунок 1 – Ресурсоемкость различных вариантов увлажнения в полевом опыте

Таким образом, природоохранный режим увлажнения деградированной аллювиальной суглинистой почвы как элемент гидромелиоративного рециклинга обеспечивает высокую продуктивность мелиорируемого агроландшафта, повышение микробиологической активности почвы на 11...19% и снижение удельного расхода воды на единицу продукции в 2...3 раза при исключении сброса дренажных вод в природные водоемы и водозабора из них. Сокращение при этом сезонных оросительных норм отвечает требованиям закона *убывающей отдачи*, обеспечивает снижение ресурсопотребления.

### Литература

1. Виноградов, Д.В. Экологические аспекты охраны окружающей среды и рационального природопользования/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев // Рязань : РГАТУ, 2017. – 128 с.
2. Кизяев Б.М. Режимы комплексных мелиораций земель (рекомендации)/ Б.М. Кизяев. – М. : ВНИИГиМ, 2000. – 63 с.
3. Сидоров, И.В. Водный баланс и режим увлажнения осушаемых пойменных земель : дис. ... канд. техн. наук / И.В. Сидоров. – М. : ВНИИГиМ, 1985. – 221 с.
4. Аверьянов, С.Ф. Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушении системой каналов (дрен)/ С.Ф. Аверьянов // Гидротехника и мелиорация. – 1957. – № 12. – С. 49-61.
5. Рекомендации по режимам орошения сельскохозяйственных культур при разных уровнях урожайности на минеральных почвах Рязанской области. – Рязань, 1990. – 49 с.
6. Рекомендации по регулированию водного режима и баланса тяжелых металлов увлажняемых почв при антропогенных нагрузках. – Рязань : Омега-Рич, 2001. – 178 с.
7. Пыленок, П.И. Природоохранный режим увлажнения в составе водооборотной мелиоративной технологии/ П.И. Пыленок, И.В. Сидоров // Вестник РАСХН. – 2002. – № 6. – С. 61-65.
8. Пыленок, П.И. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии/ П.И. Пыленок, И.В. Сидоров. – М. : Россельхозакадемия, 2004. – 323 с.

## ОСУШИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА В ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

Н.А. Суворова<sup>1</sup>, О.П. Гаврилина<sup>1</sup>, Д.В. Колошеин<sup>1</sup>, Э.О. Талалаева<sup>1</sup>, М.А. Орешкина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация:** В статье представлена конструкция осушительной системы, также рассмотрены типы осушительных систем.

**Ключевые слова:** осушительная система, гидромелиорация, дренажная система, система.

**Summary:** The article presents the design of the drainage system, as well as the types of drainage systems.

**Key words:** drainage system, hydraulic reclamation, drainage system, system.

Землепользование в сельскохозяйственных целях не теряет своей актуальности даже в эпоху высоких технологий. Однако эффективное использование почвы для выращивания культурных растений возможно только в том случае, если оно соответствует необходимым агротехническим характеристикам. Практически нет земель, которые изначально готовы обеспечить высокую урожайность после посадки без надлежащей подготовки. Достижение оптимального результата в процессе эксплуатации почвы позволяет рекультивировать сельскохозяйственные угодья, в ходе которых улучшается качество обрабатываемой территории. Речь идет не только о прямом повышении продуктивности почвенного слоя, но и о рационализации земли с точки зрения последующего использования для сельскохозяйственных нужд [1].

Мелиорация понимается как полный спектр мер, направленных на повышение продуктивности земли с точки зрения увеличения урожайности. Это достигается за счет использования организационных, технических и экономических мер, в результате чего происходит улучшение свойств почвы. В то же время существуют различные виды мелиорации земель, которые улучшают специфические характеристики. Это может быть, например, комплекс мер по улучшению слоя почвы, который подвергся чрезмерному окислению [2].

Гидромелиорация – один из самых распространенных видов восстановительных работ, который используется как на специализированных фермах, так и на обычных дачниках. Гидромелиорация предусматривает улучшение состояния почв за счет воздействия воды или воздуха. Эти меры используются для обработки чрезмерно влажных, болотистых, эродированных, засушливых и разрушенных земель. В таких случаях обычно используются основные виды мелиорации, которые нормализуют водный, тепловой и питательный режимы почвы. Гидромелиорация включает в себя осушение, орошение, противопаводковые и противозрозийные мероприятия. Рассмотрим один из видов гидромелиоративных мероприятий – осушение [3].

Осушительная гидромелиорация представляют собой меры регулирования режимов воды, воздуха, тепла и питательных веществ, чрезмерно влажной области путем удаления избыточной воды в почве. Мелиорация методом осушения включает в себя орошение, предотвращение наводнений и эрозий почв. В результате осушения земли уменьшается содержания влаги в почве и улучшается аэрация. Изменение режима вода-воздух влияет на свойства почвы, почвенные процессы движутся в новом направлении. Осушение не только удаляет лишнюю влагу, изменяет процесс образования почвы, но и характер почвы. После осушения происходит резкое снижение теплоемкости органогенных почв и их теплопроводности, почвы замерзают глубже и в течение более длительного периода, поэтому их называют «холодными».

При восстановлении дренажа существует риск быстрого разложения торфа (особенно при выращивании рядных культур), ветровой эрозии, поверхностных и глубоких пожаров, эвтрофикации грунтовых вод нитратами [4].

Результатом осушительной мелиорации является создание долгосрочной устойчивой дренажной системы, которая представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, создающих необходимые условия для улучшения водного режима затопленных земель [5, 6].

Дренажная система состоит из следующих элементов:

- регулирующая сеть (осушители, дренажные каналы);
- проводящая сеть (транспортные коллекторы, основные каналы разных заказов);
- огорождающая сеть (нагорье, рыболовные каналы);
- потребление воды (реки, большие ручьи и озера);
- гидротехнические сооружения;
- дорожная сеть с транспортными средствами;
- устройства противопожарной защиты и защиты окружающей среды;
- осушенные земли.

Существует два основных способа осушения земель [7, 8] – открытый и закрытый (рисунок 1). Открытое осушение предусматривает создание сети мелиоративных каналов, а закрытый способ осушения подразумевает создание дренажной системы (керамические и / или пластиковые трубы, реже – дренаж древесины и камня).

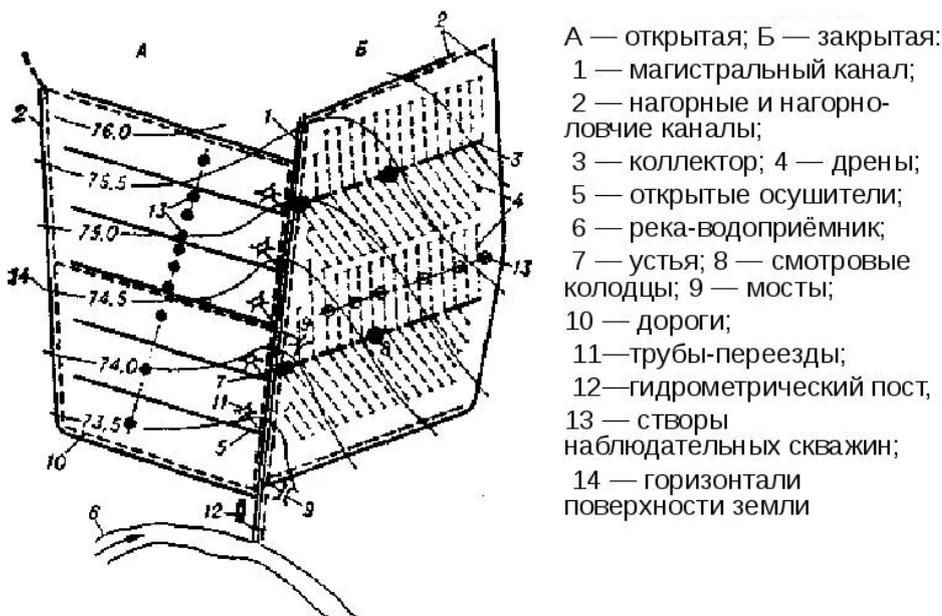


Рисунок 1 – Осушительная система

В соответствии с фундаментальными конструктивными особенностями и характером потока воды к входу, дренажные системы делятся на самотечные и польдерные.

Самотечная система позволяет удалять лишнюю влагу из осушенного участка только под воздействием гравитационных сил, то есть самостоятельно (рисунок 2). Движение воды осуществляется по склону дренажных и водосборных каналов к основному каналу, а затем к водозабору.

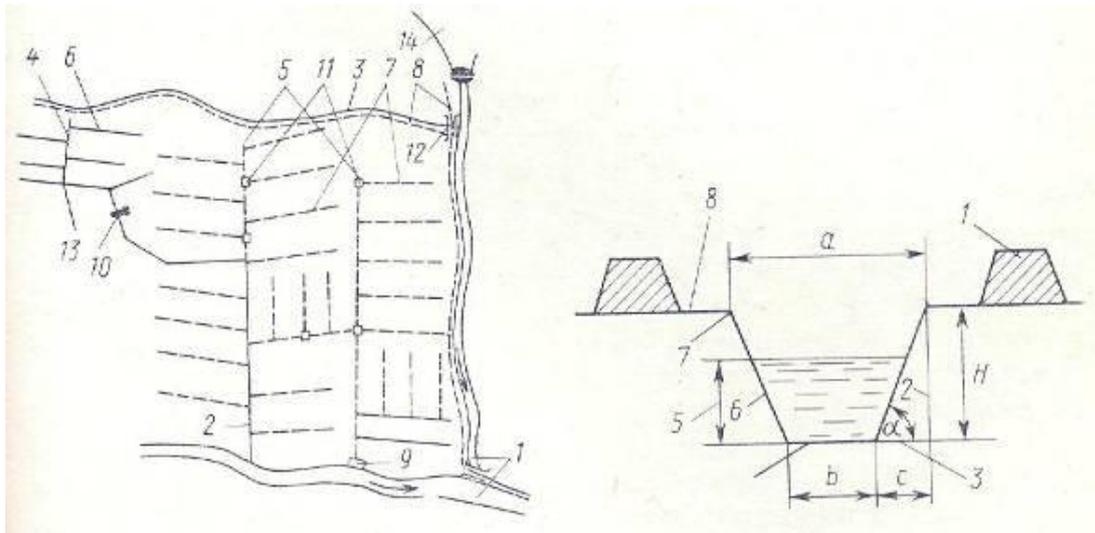


Рисунок 2 – Схема самотечной осушительной системы:

- 1 – водоприемник, 2 – магистральный канал, 3 – нагорный канал, 4 – открытый коллектор, 5 – закрытый коллектор, 6 – открытые осушители, 7 – закрытые осушители (дрены), 8 – дорога, 9 – устье, 10 – шлюз-регулятор, 11 – смотровой колодец, 12 – мост, 13 – труба переезда, 14 – водохранилище, регулирующее сток

Польдерные осушительные системы обеспечивают полную или частичную земляную насыпь, именно поэтому их создают в прибрежных низменностях, на поймах рек и озер, на мелководных участках морей и водохранилищ и т.д. (рисунок 3). На польдерах строится дренажная сеть, вода из которой сбрасывается в море (реку), как правило, с помощью насосных станций, построенных в нижних местах польдера, в устьях основных каналов в плотинах. Системы польдера могут быть не затопленными (зимние польдеры) или затопленными (летние польдеры). В зависимости от их ограничения поймами и дельтами или морским побережьем различают речные и морские польдеры (рисунок 4).

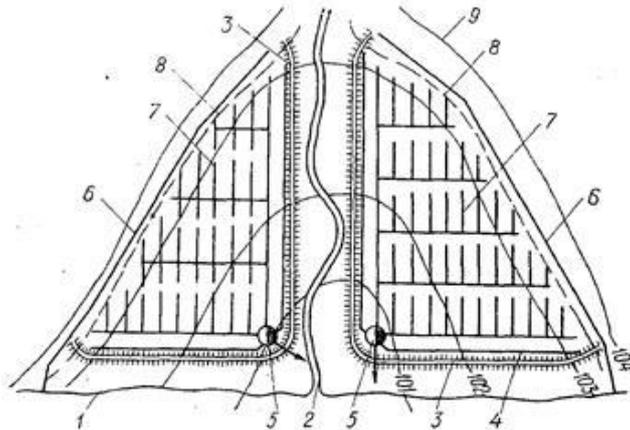


Рисунок 3 – Схема приморской польдерной системы:

- 1 – береговая линия; 2 – река; 3 – оградительная дамба; 4 – дренирующий канал у дамбы; 5 – насосная станция; 6 – нагорно-ловчий канал; 7 – осушительная сеть внутри польдера; 8 – граница периодического затопления; 9 – горизонталы

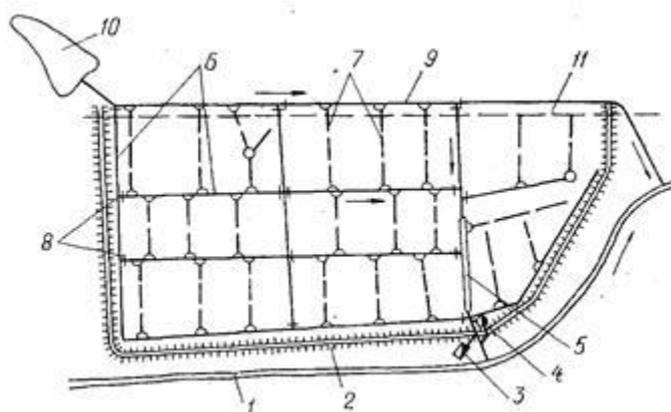


Рисунок 4 – Схема польдерной осушительно-увлажнительной системы в пойме реки: 1 – река; 2 – оградительная дамба; 3 – выпускной шлюз в дамбе; 4 – насосная станция; 5 – регулирующий бассейн (расширенная часть магистрального канала); 6 – открытые осушительно-увлажнительные каналы; 7 – закрытый дренаж; 8 – шлюзы-регуляторы на каналах; 9 – нагорно-ловчий канал; 10 – водохранилище; 11 – граница поймы

Результатом осушения водно-болотных угодий служит нарушение естественных гидродинамических условий образования грунтовых вод, природных гидродинамических связей между водоносными горизонтами. Явления, вызванные осушительной мелиорацией, значительно меняют условия формирования химического состава грунтовых вод.

### Литература

1. Зайдельман, Ф.Р. Мелиорация почв/ Ф.Р. Зайдельман. – М. : Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 2003. – 480 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13059.html>
2. Сабо, Е.Д. Гидротехнические мелиорации/ Е.Д. Сабо, В.С. Теодоронский, А.А. Золотаревский – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 317 с. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434198>.
3. Черемисинов, А.А. Мелиоративные системы Центрального Черноземья. Оросительные системы и техника поливов в Центральном Черноземье/ А.А. Черемисинов, С.П. Бурлакин, Е.В. Куликова. – Воронеж : Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. – 167 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72698.html>
4. Дубенок, Н.Н. Гидротехнические мелиорации сельскохозяйственных и лесных земель: учебное пособие/ Н.Н. Дубенок, К.Б. Шумакова, Р.В. Калиниченко. – М. : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – 214 с.
5. Метод определения вязкости грунта оползневой массы/ Е.Н. Бурмина, Н.А. Суворова, Е.А. Майорова, Э.О. Талалаева // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 90-96.
6. Мелиорация сельскохозяйственных земель в РФ/ С.Н. Борычев, О.П. Гаврилина, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно- технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С.323-326.
7. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

8. Совершенствование гидромелиоративных машин с автоматизацией процесса полива/ А.А. Ахтямов, А.И. Рязанцев, О.П. Гаврилина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3. – С. 64-68.

9. Состояние осушительных систем Рязанской области на примере межхозяйственной мелиоративной системы «Прогресс» Щацкого района/ А.В. Кузин, С.А. Морозов, С.Н. Афиногенова и др. // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 247-254.

10. Захарова, О.А. Деградация осушительной системы Рязанской Мещеры/ О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Сб.: Теория и практика современной аграрной науки : Материалы III Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием. – 2020. – С. 455-457.

11. Эколого-экономические проблемы орошаемого земледелия/ Г. Соболин, И. Сатункин, Ю. Гулянов, Ю. Коровин // Экономика сельского хозяйства России. – 2003. – № 4. – С. 37

12. Планирование природоохранных мероприятий по защите почв и водных ресурсов при комплексной реконструкции ирригационных систем/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин, И.В. Сатункин // Сб.: Экономико-правовые и экологические проблемы землепользования в условиях рыночной экономики России и стран СНГ (методология, теория и практика хозяйствования) : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 149-156.

**УДК 631.453**

## **ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ОРАШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*А.С. Улесов<sup>1</sup>, А.А. Стич<sup>1</sup>, А.А. Гуцалова<sup>1</sup>, Е.С. Цедрик<sup>1</sup>*

*ФГАОУ ВО Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

**Аннотация.** Проблема водоподготовки в сельском хозяйстве становится все более значимой, ввиду увеличения антропогенного влияния человека на экосистему. Развитие химической, добывающей и перерабатывающей промышленности, особенно в развивающихся странах, приводит к увеличению концентрации тяжелых металлов в сточных водах и почвах. Это ведет к тому, что сельскохозяйственные культуры, орошаемые загрязненными водами или произрастающие на почвах содержащих большое количество тяжелых металлов, становятся непригодными для употребления из-за высокой концентрации в них токсичных элементов. В работе рассматривается возможное влияние тяжелых металлов на рост сельскохозяйственных культур и их накопление в тканях растений. Рассматриваются основные виды тяжелых металлов, поступающих в сточные воды.

**Ключевые слова:** орошение, тяжелые металлы, полив, очистка поливных вод, загрязнение сточных вод, канцерогены в почве.

**Summary.** The problems of water treatment in agriculture are becoming more and more significant, due to the increase in the anthropogenic influence of humans on the ecosystem. The development of the chemical, mining, and processing industries, especially in developing countries, leads to an increase in the concentration of heavy metals in wastewater and soils. This leads to the fact that crops can be irrigated with water with a high content of heavy elements or grow on soils contaminated with them. The paper considers the possible influence of heavy metals on the growth of agricultural crops and their accumulation in plant tissues. The main types of toxic metals entering wastewater are considered.

**Keywords:** *warming, heavymetals, watering, irrigationwatertreatment, wastewaterpollution, carcinogensinthesoil.*

В развитых и развивающихся странах происходит загрязнение сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами, что является серьезной экологической проблемой из-за их токсичности [1, с. 94]. В последние десятилетия концентрации тяжелых металлов в оросительной воде и почве на сельскохозяйственных угодьях значительно выросли из-за антропогенной деятельности, включая рост индустриализации и урбанизации. Загрязнение оросительной воды промышленными сточными водами привело к значительному загрязнению почв и сельскохозяйственных культур тяжелыми металлами. Если почва орошается сточными водами, это приводит к значительному увеличению концентрации тяжелых металлов в съедобных частях сельскохозяйственных растений. Например, зерновые культуры, выращиваемые на загрязненной почве, накапливают значительные количества тяжелых металлов, вызывая неблагоприятные последствия для здоровья при их употреблении. Тяжелые металлы можно найти в плодах сельскохозяйственных культур, включая овощи и фрукты. Хотя некоторые тяжелые металлы являются важными питательными веществами для растений, растения, выращенные в загрязненной почве, накапливают высокие уровни тяжелых металлов, вызывая высокую распространенность рака верхних отделов желудочно-кишечного тракта [2, с.179]. Тяжелые металлы могут долгое время накапливаться в почве орошаемой загрязненной водой, в почве они практически не разлагаются и не теряют своих токсичных свойств. Ввиду канцерогенности тяжелых металлов, их поступление в организм с пищей даже в незначительных количествах может привести к серьезным заболеваниям. Культуры, выращенные в зараженной почве, поглощают тяжелые металлы и накапливают их в своих тканях, вызывая неблагоприятные клинические проблемы, включая физиологические нарушения, у людей, которые потребляют их в пищу, потому что в организме нет механизма для удаления тяжелых металлов.

Авторами работы [3, с. 431] провели анализ большого количества исследований и выделили основные наиболее часто встречающиеся в сточных водах тяжелые элементы (таблица 1).

Таблица 1 – Основные тяжелые металлы сточных вод и их показатели допустимой концентрации, установленные на территории РФ

| Элемент   | ПДК, мг/л |
|-----------|-----------|
| Мышьяк    | 0,01      |
| Кадмий    | 0,001     |
| Хром (+3) | 0,50      |
| Кобальт   | 0,1       |
| Медь      | 1         |
| Железо    | 0,3       |
| Свинец    | 0,01      |
| Ртуть     | 0,0005    |
| Никель    | 0,02      |
| Олово     | 2         |
| Цинк      | 1         |

По данным требований, разработанных объединенной комиссией ФАО/ВОЗ, наиболее важными для контроля в пищевых продуктах тяжелыми металлами являются – Свинец (Pb), Кадмий (Cd), Мышьяк (As), Ртуть (Hg), Цинк (Zn), Медь (Cu). Определены допустимые нормы содержания токсичных элементов в различных группах сырья и пищевых продуктов [4, с. 187] (таблица 2).

Таблица 2— Допустимые уровни содержания некоторых тяжелых металлов в различных группах сырья и пищевых продуктов

| Группы пищевых продуктов           | Допустимые уровни содержания токсичных элементов в различных группах продовольственного сырья и пищевых продуктов в мг/кг |             |             |              |
|------------------------------------|---|-------------|-------------|--------------|
|                                    | Свинец (Pb)   | Мышьяк (As) | Кадмий (Cd) | Ртуть (Hg)   |
| Мясо, мясопродукты, яйца           | 0,5-1,0   | 0,1-1,0     | 0,05-1,00   | 0,03-0,20    |
| Молоко и молочные продукты         | 0,1-0,5   | 0,05-0,30   | 0,03-0,2    | 0,005-0,030  |
| Рыба                               | 0,5-10,0  | 1,0-5,0     | 0,2-2,0     | 0,1-1,0      |
| Зерно, хлебобулочные изделия       | 0,035-0,500   | 0,15-0,30   | 0,07-0,10   | 0,015-0,030  |
| Сахар                              | 0,5-1,0   | 0,3-1,0     | 0,05-0,50   | 0,01-0,10    |
| Флодоовощная продукция             | 0,3-1,0   | 0,1-0,3     | 0,03-0,20   | 0,03-0,05    |
| Масличное сырье и жировые продукты | 0,1-1,0   | 0,1-0,3     | 0,03-0,20   | 0,03-0,05    |
| Напитки                            | 0,03-0,30   | 0,05-0,20   | 0,001-0,030 | 0,0005-0,005 |
| Другие продукты                    | 0,2-10,0  | 0,1-1,0     | 0,1-1,0     | 0,03-1,00    |

Избыток тяжелых металлов в почве вызывает негативные физиологические изменения не только у человека, но также нарушает важные функций растений, что ведет к угнетению их роста. Высокие концентрации тяжелых металлов приводят к дисбалансу компонентов питания в растениях и отрицательно влияют на синтез и функции многих биологически активных соединений: ферментов, витаминов, гормонов и др. [5, с. 23].

В последние годы, исследуется эффекты регуляторов роста для повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам. результаты показывают, что увеличение защитных свойств растений по средствам введения регуляторов также увеличивают их сопротивляемость токсичному воздействию катионов тяжелых металлов [6, с. 67].

Многочисленные работы по исследованию качества почв используемых для выращивания сельскохозяйственных культур, показывают, что уровень содержания тяжелых металлов находится ниже определенной допустимой концентрации. Однако авторы работ также отмечают, что существует явная тенденция к увеличению концентрации тяжелых металлов в почвах. В работе [7, с. 104] был проведен анализ поверхностного слоя почвы и установлено содержание в нем некоторых тяжелых металлов (таблица 3).

Таблица 3— Содержание тяжелых металлов в пахотном слое почвы опытного участка, мг/кг

| Показатели            | Zn            |                 | Cu            |                 | Pb            |                 | Cd            |                 | Ni            |                 | Hg            |                 |
|-----------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                       | Валовая форма | Подвижная форма |
| Пахотный слой 0-30 см | 31,5          | 6,5             | 14,0          | 3,12            | 12,7          | 2,64            | 0,74          | 0,4             | 23,8          | 3,52            | 0,017         | -               |
| ПДК                   | 100           | 23              | 55            | 3               | 30            | 6               | 3             | 0,6             | 85            | 5               | 2,1           | 0,1             |

Результаты исследований показывают, что повышенное содержание тяжелых элементов в воде для орошения, приводит к значительному увеличению содержания этих тяжелых элементов в почве и орошаемой культуре. Например, всхожесть семян пшеницы

в образцах почвы с повышенным содержанием тяжелых элементов показывает тенденцию к снижению всхожести в условиях существенного превышения концентрации тяжелых элементов в почве [8, с. 83] (таблица 4).

Таблица 4 — Результаты исследования всхожести пшеницы на образцах почвы, содержащей тяжелые металлы

| № пробы | Концентрация | Количество проросших семян | Всхожесть, % | Ростки, мм |
|---------|--------------|----------------------------|--------------|------------|
| 1       | Контроль     | 40                         | 80           | 25         |
| 2       | 2 ПДК        | 26                         | 52           | 15         |
| 3       | 4 ПДК        | 11                         | 22           | 15         |
| 4       | 10 ПДК       | 0                          | 0            | 0          |

Высокое содержание тяжелых элементов в почве приводит не только к накоплению токсичных канцерогенных веществ в самом растении, но также нарушает его естественные биологические процессы, препятствуя его нормальному росту.

Однако, существенная опасность заключается в том, что незначительные превышения концентраций тяжелых металлов в почве и воде могут быть не заметны для растений и не препятствовать их нормальному росту, но при этом накапливаясь в съедобной части растения приводит к проникновению токсичных элементов в организм человека и их накоплению с последующим канцерогенным действием. Решением этой проблемы может стать разработка эффективных мер мониторинга содержания тяжелых металлов в воде и почве, что является все более актуальным в условиях усиления антропогенного влияния на окружающую среду и увеличения рисков связанных с потреблением растительных продуктов содержащих токсичные элементы.

### Литература

1. Шунелько, Е.В. Экологическая оценка городских почв и выявление уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования/ Е.В. Шунелько, А.И. Федорова // Вестник Самарского государственного университета. – 2002. – № 1. – С. 93-104.
2. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey/ М.К. Turkdogan, F. Kilicel, K. Kara фтв фд // Environ. Toxicol. Pharmacol. – 2003. – 13. – Рр. 175-179.
3. Manahem, E. Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops/ E. Manahem, Ben-Hur Meni // Scientia Horticulturae. – 2018. – Vol. 234. – Рр. 431-444.
4. Теплая, Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы)/ Г.А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1 (23). – С. 182-192.
5. Belous, N.M. The impact of fertilizers on the content of nitrogenous substances and heavy metals in potato tubers/ N.M. Belous // Agrochemical. – Agricultural chemistry. – 2010. – № 3. – Рр. 22-28.
6. Сережина, И.И. Влияние препарата Трискон на продуктивность яровой пшеницы и содержание тяжелых металлов в продукции при загрязнении почвы Zn, Cd, Pb/ И.И. Сережина // Агрохимия. – Агрокультурная химия. – 2010. – № 9. – С. 66-71.
7. Исайчев, В.А. Влияние регуляторов роста на содержание тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы сорта землячка в условиях среднего Поволжья/ В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, А.В. Каспировский // Вестник Казанского ГАУ. – 2013. – № 1 (27). – С. 103-107.

8. Цаповская, О.Н. Влияние тяжелых металлов на всхожесть семян пшеницы/ О.Н. Цаповская // Агронимия агроэкономика. – 2014. – Вып. 17. – С 79-84.

9. Пыжов, В.С. Мировой и отечественный опыт мелиоративных мероприятий/ В.С. Пыжов, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 395-401.

УДК 624.131.1

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

*С.А. Чарыкова<sup>1</sup>, Д.А. Чарыков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ВолгГТУ, г. Волгоград

**Аннотация:** Геоэкологические и инженерно-геологические проблемы гидромелиорации территорий, сложенных лессовыми породами. Рекомендуются мероприятия по борьбе с просадочностью на объектах гидромелиорации.

**Ключевые слова:** Гидромелиоративное строительство, просадочность, лессовые породы

**Summary:** Geoecological and engineering-geological problems of hydro-reclamation of territories formed by loess rocks. Measures to combat subsidence at hydro-reclamation facilities are recommended.

**Key words:** Construction and drainage, subsidence, loess material

На примере территории Северного Причерноморья, изыскание и проектирование гидромелиоративного строительства связано с решением целого комплекса задач, вызванных инженерной деятельностью и последующим воздействием на неё геологической среды в целом. Техногенная активность человека в стремительно увеличивающихся масштабах – становится геологическим параметром, многократно ускоряющим интенсивность природных процессов. Активность может способствовать стимулированию негативных инженерно-геологических процессов, которые в свою очередь могут катализировать развитие в данной области или привести к образованию других процессов, не рассматривающихся в стандартных инженерно-геологических задачах. Северо-Западная часть Причерноморья характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, с высокой сейсмичностью – доходящей до 8 баллов и массовым распространением лессовых просадочных грунтов [1].

Гидромелиоративное строительство для нужд сельского хозяйства на просадочных грунтах такого вида, непременно приводит к деформациям конструкций, что вызывает создание аварийных ситуаций, а во многих случаях и разрушению инженерного сооружения. При эксплуатации в течении первых пяти лет, разрушаются 8,4–10,4% всех инженерных сооружений на лессовых просадочных грунтах и требуют профилактического устранения повреждений до 27–34%. Стоимость гидромелиоративного строительства на просадочных грунтах одного гектара земель будет выше в 1,97–2,20 раза, чем на непросадочных грунтах. Сроки строительства систем гидромелиорации на просадочных грунтах на 20–80% дольше, чем в стандартных условиях. Расходы на восстановительные и ремонтные работы инженерных сооружений и конструкций составляют только лишь часть от размера ущерба, причиненного при гидромелиоративном строительстве на территориях с лессовыми породами. Территории Северного Причерноморья относятся к зонам повышенной сейсмической опасности и распределяются на больших площадях просадочных пород, что предполагает грамотного расчета при экономическом обосновании.

В этой статье обращено внимание на важные области инженерно-геологических проблем – задач гидромелиорации областей Северного Причерноморья,

которые непременно должны решать комплексно: изыскатели, проектировщики, строители.

Территории Северного Причерноморья испытывают понижение в течение всего четвертичного периода (антропогена). В период антропогена произошло увеличение толщины континентальных отложений, в основной массе которые состоят из пылеватых частиц и песка – называемых «лессовыми породами». В данный момент толщина этих пород на водоразделах составляет 40–60 м. Лессовые породы обладают особенными строительными свойствами. Эти породы характеризуются высокой несущей способностью (0,5–0,4 МПа) и служат неплохим основанием для всех инженерных сооружений и конструкций в состоянии природной (невысокой) влажности. Тем не менее, эти грунты существенно ухудшают свои показатели при увеличении их влажность на 3–4%. Возникают деформации инженерных сооружений, а несущая способность снижается в 2–3 раза.

Основными особенностями влияния гидромелиоративного строительства на геологическую среду является необходимое и весьма значительное изменение режима влажности пород в зоне аэрации; насыщенная фильтрация воды под орошаемыми полями и ирригационными каналами, вызывающая фильтрационное выщелачивание пород; увеличивающая частоту проявления инженерно-геологических процессов, например, суффозия (механический вынос частиц пород потоком воды), просадки, обвалы, активирование оползней, поверхностная эрозия.

Возникающие просадки инженерных сооружений и конструкций (каналов, насосных станций, водоводов и других модульных систем), в том числе на орошаемых полях наносят значительный ущерб, повышают стоимость и увеличивают временной интервал освоения земель, требуя финансовых затрат и времени на устранение их последствий. Модификации подачи воды, системы оросительных сетей, расположение насосных станций и др., финансовый расчет и время на освоение территорий, сбережение земельного фонда, прямо зависят от эффективного прогноза просадок и результативных мер по борьбе с ними. Вследствие этого, на первых этапах проектирования и точного подхода при изысканиях, особенно пристально необходимо исследовать условия залегания, свойства и распространение лессовых просадочных грунтов [2].

Практика исследований показывает, что пространственная изменчивость просадочности характеризуется в полной мере с помощью составления особенных геологических карт (прогнозные карты). Главным элементом геологических карт (прогнозные карты) должна быть просадочная толща, в частности: мощность и вероятная просадка при замачивании. Рекомендуются градация: до 5 м, просадка практически отсутствует; 5–10 м, просадка возможна до 5 см; 10–20 м, просадка составляет 5–10 см; 10–20 м, достигает 10–50 см; больше 20 м, просадка может быть 10–50 см, больше 20 м, просадка больше 50 см. Существование такого рода карт, позволит проектировать целесообразные варианты строительства инженерных объектов, проводить точные расчеты мероприятий по борьбе с просадочностью в основаниях сооружений и системах орошения на стадии технико-экономического обоснования.

Прогнозирование в определенный период времени деформации лессовых просадочных грунтов и изменения физико-механических свойств при долгом влиянии на них воды и фильтрации, является одной из главных целей.

Меры противодействия просадкам в основаниях инженерных конструкций, часто оказываются неэффективными на трассах водопроводящих сооружений вследствие того, что рассчитаны без учета долгого воздействия воды на грунт при длительной фильтрации и техногенных авариях. Проведенные исследования в лабораториях инженерной геологии Института геофизики и геологии АН РМ [3], дали возможность выявить закономерность, что метод определения просадочности (в соответствии с ГОСТ 23161-76), используемый в проектных организациях, не показывает хороших значений, так как не моделирует постоянного влияния воды на грунт и фильтрацию. В результате проведенных исследований, совокупность мер противодействия просадкам, не может создать надежную эксплуатацию гидромелиоративных инженерных строений. Технология изысканий просадочности,

при учете территориальных особенностей грунтов выработана в Институте геофизики и геологии АН РМ и в дальнейшем может применяться при инженерно-геологических изысканиях.

Сейсмическая нестабильность в регионе непосредственно взаимосвязана с просадочностью грунтов. Лессовые просадочные грунты обладают неблагоприятной характеристикой, сказывающейся на их возможности уменьшать скорость проникновения сейсмических волн при увеличении влажности, что неблагоприятно отражается на устойчивости инженерных сооружений и конструкций, построенных на такого рода грунтах. Принимая во внимание проблемы сейсмичности, должен разрабатываться комплексный подход к исследованию областей при гидромелиоративном строительстве.

Северо-Западная часть Причерноморья по картам сейсмической активности некоторых регионов может достигать до 8 баллов. В связи с этим, сейсмическая активность всего лишь условная, в зависимости от определенных инженерно-геологических условий территорий (вида пород, толщины, глубины залегания воды и др.) должна увеличиваться на 1-2 балла, это важное обстоятельство для целей строительства. Бесспорно, проблемы сейсмической нестабильности как и микрорайонирования по напряженности сейсмического влияния (наиболее важных технических сооружений), должны быть достойны внимания на всех этапах проектирования, что значительно сокращает расходы на строительство всей гидромелиоративной системы.

Необходимо отметить такую проблему, как меры противодействия с просадочностью при возведении объектов гидромелиорации, кроме того, общий объем расходов строительства на просадочных грунтах около 10–12% необходим на подготовку грунтов основания. Задача – максимальное устранение просадочности в основаниях инженерных сооружений и конструкций. Основными параметрами в основаниях инженерных сооружений, действующими на методику и способы противодействия с просадочностью, являются: мощность просадочной толщи и потенциальная просадка толщи от собственного веса при замачивании.

По показателям этих величин рассчитывается подготовка основания для каждого инженерного сооружения. К основным методам противодействия с просадочностью применяют: прессование грунтов в котловане трамбовками, буронабивные сваи, послойная отсыпка грунтов с последующей укаткой, глубинное уплотнение грунтов взрывами и др. Средства и способы противодействия просадочности рекомендуются по результатам инженерно-геологических изысканий с учетом технических параметров гидромелиоративных сооружений. Изыскание и последующая разработка мер по борьбе с просадочностью в Северо-Западной части Причерноморья связана с риском перерасхода средств на строительство.

Для строительства и надежной эксплуатации гидромелиоративных объектов с наименьшими затратами должны выполняться дополнительные специализированные изыскания. Выполнять требования к объектам строительства может проектная организация, квалифицирующаяся на изучении лессовых пород. За основу детального подхода гидромелиоративного строительства, следует взять исследования свойств и состава лессовых пород, модель процессов постоянного влияния воды на грунт, создание методики определения разного вида просадочных, послепросадочных деформаций в комплексной работе по инженерно-геологическому районированию Северо-Западной части Причерноморья. Именно при такой детальной системе, подготавливаются научно обоснованные исследования, основанные на доказательствах по противодействию просадочности и обеспечению надежной работы объектов гидромелиорации.

## Литература

1. Олянский, Ю.И. Лессовые грунты юго-западного Причерноморья/ Ю.И. Олянский. – Кишинев : Издательство Штилица, 1992. – 130 с.

2. Инженерно-геологическая характеристика лессовых пород междуречья Прут-Днестр/ А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.И. Шиян и др. // Вестник ВолгГАСУ. – 2011. – № 24 (43). – С. 33-45.

3. Изменение состава и свойств лессовых просадочных пород при замачивании и фильтрации воды/ А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, О.Н. Осипова и др. // Вестник ВолгГАСУ. – 2012. – № 26 (45). – С. 16-25.

4. Гидротехнические сооружения: виды и классификация/ И.В. Шеремет, С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2018. – С. 365-369.

5. Борычев, С.Н. Повышение эффективности работы осушительных систем при мелиорации переувлажненных почв нечерноземной зоны РФ/ С.Н. Борычев, А.С. Штучкина, О.П. Гаврилина // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2. – С. 65-68.

УДК 502/504

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО АЗОТА В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ИЗОТОПОМ ЦЕЗИЯ-137, ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

*А.С. Чердакова<sup>1</sup>, С.В. Гальченко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследований по оценке влияния гуминовых препаратов, полученных с использованием различных технологий (щелочной экстракции и ультразвуковой кавитации), на содержание общего азота в серой лесной почве, загрязненной изотопом цезия-137. Установлено, что при внесении в загрязненную цезием-137 серую лесную почву гуминовые препараты способствуют обогащению ее соединениями азота. При этом, максимальный положительный эффект оказывает препарат, полученный по технологии ультразвуковой кавитации.

**Ключевые слова:** *серые лесные почвы, радионуклиды, гуминовые препараты*

**Summary.** The article presents the results of studies to assess the effect of humic preparations obtained using various technologies (alkaline extraction and ultrasonic cavitation) on the total nitrogen content in gray forest soil contaminated with cesium-137 isotope. It has been established that when humic preparations are introduced into the gray forest soil contaminated with cesium-137, they contribute to its enrichment with nitrogen compounds. At the same time, the maximum positive effect is provided by the drug obtained by the technology of ultrasonic cavitation.

**Key words:** *gray forest soils, radionuclides, humic preparations*

Перманентно возрастающий техногенный прессинг на окружающую среду приводит к загрязнению и последующей деградации всех ее компонентов, в том числе и почв. Среди почвенных загрязнителей особую опасность представляют различные радионуклиды. Данное обстоятельство обусловлено, во-первых, риском прямого воздействия ионизирующего излучения загрязненной почвы на живые организмы (внешнее облучение), во-вторых, накоплением радионуклидов в звеньях пищевой цепи (внутреннее облучение). Для Российской Федерации данная проблема имеет особую значимость не только ввиду последствий крупных радиационных аварий на Чернобыльской АЭС и ПО «Маяк», но и по причине интенсивного развития предприятий ядерного топливного цикла в последние десятилетия и увеличения влияния на окружающую среду с их стороны [1].

Помимо негативного воздействия на биоту радиоактивное загрязнение почв влечет за собой и существенные экономические последствия, связанные с затруднением процесса осуществления сельскохозяйственной деятельности. Высокие уровни загрязнения почв требуют полного изъятия земель из сельскохозяйственного оборота. Но даже при допустимом, для ведения сельского хозяйства содержании радионуклидов в почве, необходимо проведение мероприятий, направленных на снижение рисков и минимизацию отрицательных последствий радиоактивного загрязнения. По большей части такие меры ориентированы на предотвращение накопления радионуклидов в фитомассе возделываемых культур за счет снижения кислотности почвенного раствора, повышения гумусированности почв, формирования оптимальных условий питания растений и др. [2, 3, 4].

Неотъемлемым элементом в системе радиэкологических мер является оптимизация азотного питания растений. Причиной чего выступает весьма сложная зависимость между азотным режимом почвы и процессами поступления радионуклидов в растения. Так, при дефиците азота в почве наблюдается снижение урожайности культур и резко возрастает концентрация радионуклидов в их фитомассе. Однако внесение повышенных доз азотных удобрений также стимулирует накопление радионуклидов в растениеводческой продукции [2, 4, 5, 6]. Кроме того, азотные удобрения могут в значительной степени влиять на кислотно-основные свойства почвы, существенно изменяя условия миграции радионуклидов. Ввиду чего, по мнению ряда исследователей, на почвах, загрязненных радиоактивными элементами, должны применяться альтернативные традиционным азотным удобрениям препараты, оказывающие «мягкое» действие на их азотный режим [2–6].

По нашему мнению, в данном аспекте весьма перспективны экологически безопасные природные соединения на основе гуминовых веществ – гуминовые препараты (ГП), которые положительно влияют на все свойства почвы, в том числе и на ее азотный режим [7]. Так, внесение ГП в почву способствует не только обогащению ее элементами питания растений, но и приводит к изменению условий миграции радионуклидов (за счет роста гумусированности, снижения кислотности почвенного раствора и др.), что позволяет значительно ограничить их транслокацию в фитомассу [8]. Однако в настоящее время в промышленных масштабах производится большое число разнообразных ГП, свойства и состав которых может в значительной степени варьировать в зависимости от используемого сырья, добавок и технологии получения.

На территории РФ основным антропогенным источником гамма-излучения и приоритетным загрязнителем почв среди радионуклидов выступает изотоп цезия-137, уровнем содержания которого и определяется система радиэкологических мер в ряде регионов страны. В связи с чем, весьма актуальным представляется исследование перспектив использования ГП на почвах, загрязненных изотопом цезия-137.

Целью исследований являлась оценка воздействия различных ГП на содержание общего азота в серой лесной почве, загрязненной изотопом цезия-137. В ходе исследований применялись ГП, полученные из торфа и биогумуса по технологиям щелочной экстракции, ультразвуковой кавитации, а также в их сочетании (таблица 1).

Таблица 1 – Гуминовые препараты, применяемые в ходе исследований

| № п/п | Название препарата | Сырье для получения препарата | Технология получения | Сумма гуминовых и фульвокислот, г/л | Азот общий, г/л |
|-------|--------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------|
| 1.    | Гумат калия*       | торф                          | щелочная экстракция  | 20,0                                | 1,26            |
| 2.    | Биогумат*          | биогумус                      |                      | 25,5                                | 0,90            |
| 4.    | «Эдал-КС»**        | торф                          |                      | 26,0                                | 1,00            |

\*Препараты, полученные нами с использованием технологической линии ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИС.

\*\*Товарные гуминовые препараты.

Продолжение таблицы 1

|    |               |      |  |      |      |
|----|---------------|------|--|------|------|
| 5. | «Питер-Пит»** | торф | сочетание щелочной экстракции и ультразвуковой кавитации | 40,0 | 2,00 |
| 6. | Гумат-УК*     | торф | ультразвуковая кавитация                                 | 65,0 | 3,7  |

Анализируемые ГП существенно отличались друг от друга, как по содержанию основных активных соединений – гуминовых и фульвокислот, так и по содержанию азота. При этом, препараты, полученные с применением технологии ультразвуковой кавитации, по сравнению с щелочно-экстрагируемыми ГП характеризовались максимальными концентрациями указанных компонентов. Данное обстоятельство обусловлено рядом физико-химических эффектов, возникающих при ультразвуковой кавитационной обработке сырья. Вследствие кавитационных явлений, инициируемых пропускаемыми через сырье ультразвуковыми волнами, запускаются и интенсифицируются процессы диспергирования, эмульгирования, растворения, окисления, восстановления и др. Результатом чего служит увеличение выхода в препарат гумусовых кислот и минеральных элементов, в том числе азота [9].

Исследования по реализации указанной цели осуществлялись в условиях вегетационного эксперимента. Для закладки опыта использовались образцы серой лесной почвы, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС изотопом цезия-137 с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  – 116 Бк/кг. Почва обрабатывалась анализируемыми препаратами, каждый из которых применялся в двух экспериментальных дозах: в виде 0,01% и 0,02% водных растворов. Контролем служили почвенные образцы серой лесной почвы без внесения ГП. Повторность на всех вариантах эксперимента – четырехкратная. Содержание общего азота в почвенных образцах определялось фотометрическим методом по ГОСТ Р 58596-2019 [10].

Результаты проведенных исследований показали, что все анализируемые гуминовые препараты способствуют обогащению азотом серой лесной почвы, загрязненной цезием-137 (рисунок 1).

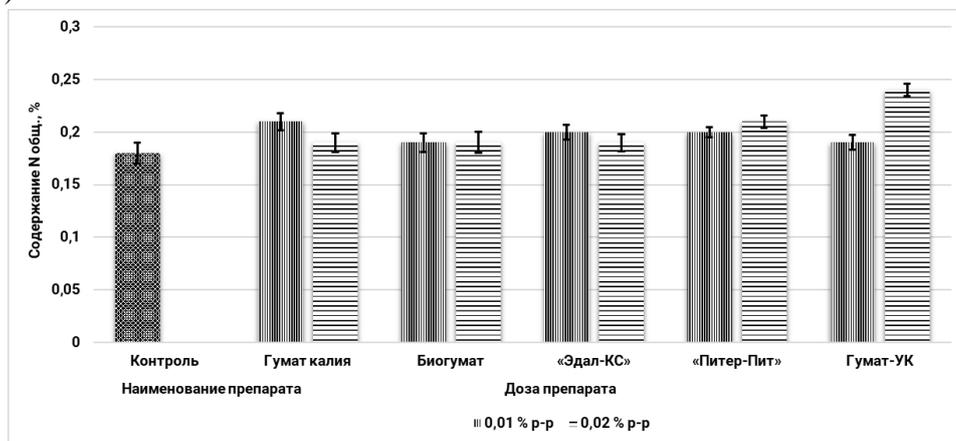


Рис.унок1 – Изменение содержание общего азота в серой лесной почве, загрязненной изотопом цезия-137, под влиянием различных ГП

При этом максимальное увеличение содержания азота в почве отмечалось при внесении препарата Гумат-УК в дозе 0,02% водного раствора. Данное обстоятельство весьма закономерно, поскольку именно Гумат-УК характеризуется наибольшей

\*Препараты, полученные нами с использованием технологической линии ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

\*\*Товарные гуминовые препараты.

концентраций азота среди исследуемых ГП. Соответственно, его использование в максимальной экспериментальной дозе и позволило добиться указанного эффекта.

По нашему мнению, обогащение азотом, загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  почвы при внесении в нее ГП будет способствовать увеличению фитомассы, возделываемых культур, усилению эффекта «ростового разбавления» и, как следствие, снижению накопления радионуклида в урожае.

Следует отметить, что применение ГП позволяет «мягко» воздействовать на содержание азота в почве. Полученные нами данные свидетельствуют об отсутствии интенсивного увеличения концентрации соединений азота под воздействием ГП, которое могло бы стимулировать процессы миграции радионуклидов из почвы в фитомассу. Аналогичные данные получены и другими исследователями. Так, специалистами Гродненского аграрного университета установлено, что применение ГП на загрязненных цезием почвах более эффективно по сравнению с традиционными азотными удобрениями, поскольку позволяет избежать избыточного поступления азота в почву и растения [5].

Таким образом, применение ГП весьма перспективно для регуляции азотного режима, загрязненных цезием-137 серых лесных почв. Однако с целью выработки конкретных рекомендаций и технологий необходимо проведение дальнейших исследований в данном направлении.

## Литература

1. 25 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России/ Под общей редакцией С.К. Шойгу, Л.А. Большова. – М. : Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2001. – 160 с.
2. Агеец, В.Ю. Система радиэкологических контрмер в агрофере Беларуси/ В.Ю. Агеец. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2001. – 250 с.
3. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению/ Н.И. Санжарова, А.А. Сысоева, Н.Н. Исамов и др. // Российский химический журнал. – 2005. – № 3. – С. 26-34.
4. Алексахин, Р.М. Сельскохозяйственная радиэкология/ Р.М. Алексахин, А.В. Васильев, В.Г. Дикарев. – М. : Экология, 1992. – 400 с.
5. Система применения удобрений/ В.В. Лапа и др. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 418 с.
6. Сысоева, А.А. Экспериментальное исследование и моделирование процессов, определяющих подвижность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва-растение : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.А. Сысоева. – Обнинск, 2004. – 29 с.
7. Перминова, И.В. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии/ И.В. Перминова, Д.М. Жилин // Зеленая химия в России. – М. : Издательство МГУ, 2004. – С. 146-163.
8. Гальченко С.В. Результаты экспериментальной оценки влияния гуминовых препаратов на экологическое состояние техногенно-загрязненных серых лесных почв/ С.В. Гальченко, А.С. Чердакова // Экологический вестник России. – 2014. – № 12. – С. 40-45.
9. Применение ультразвука в промышленности/ В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков и др. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.
10. ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота. – М. : Стандартинформ, 2019. – 11 с.
11. Виноградов, Д.В. Экология агроэкосистем/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев. – Рязань : РГАТУ, ВНИИГиМ, 2020. – 256 с.
12. Экология и мониторинг окружающей среды/ Г.В. Соболин, Ю.А. Гулянов, Ю.И. Коровин и др. // Сб.: Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе : Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Администрация Оренбургской области, Оренбургский государственный аграрный университет. – 2003. – С. 166-169.

13. Мониторинг антропогенных изменений окружающей среды/ Л.Н. Хилько, Г.В. Соболин, И.В. Сатункин и др. // Сб.: Проблемы устойчивости биоресурсов: теория и практика : Материалы 2 Российской научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ, Администрация Оренбургской области, ФГОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». – 2005. – С. 87-89.

УДК: 631.67

## СИСТЕМА МИКРООРОШЕНИЯ

*Н.А Чижевская<sup>1</sup>, И.А Приходько<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО КубГАУ, г.Краснодар

**Аннотация.** Данной статье было рассмотрено система микроорошение, его преимущества и недостатки, а так же основные компоненты которые включаются в систему микроорошения.

**Ключевые слова:** микроорошение, вода, трубопровод, орошение, корневая система.

**Summary.** This article considered the micro-irrigation system, its advantages and disadvantages, as well as the main components that are included in the micro-irrigation system.

**Key words:** microirrigation, water, pipeline, irrigation, root system.

При Орошаемом земледелии необходимо соблюдать условия экологической безопасности выращивания сельскохозяйственной продукции, для этого необходимо внедрять новые способы полива, одним из которых является микроорошения.

Микроорошения — объединяет новые технологии и технические средства полива сельскохозяйственных культур, при которых обеспечивается относительно низком давлении и с малой интенсивностью подачи воды с определенными интервалами, или слабо концентрированных питательных растворов к корням растений, над поверхностью почвы, или непосредственно в грунт[1].

Для него характерны следующие свойства:

- минимальная норма полива;
- вода подается в течение длительного времени полива на орошаемый участок;
- подача воды осуществляется непосредственно в прикорневую систему;
- поступление воды осуществляется в прикорневую систему посредством низконапорный систем трубопроводов..

Часто используют в сети магистральных трубопроводов, ответвлений от магистральных трубопроводов и поливных трубопроводом с точек капельного водовыпуска, расположенными по их длине. Каждая капельница или отверстие равномерно подает небольшое, точно контролируемое количество воды, питательных элементов и другие необходимые для роста вещества непосредственно в корневую зону растения [2].

Внешние капельницы производятся как компенсированные так и некомпенсированные. Некомпенсированные наружные капельницы можно использовать при небольших длинах поливочной линии и расходе воды, а также на горизонтальных участках без уклона[3]. В этом случаи неравномерность подачи воды из капельниц не большая. Для обеспечения равномерности полива при длинных линиях капельного полива, или на участках с перепадами высот используются компенсированные капельницы.

Преимущества:

- экономия поливной воды составляет 50%, минимальная потеря воды составляет 50–70% за счет эффективного использования водных ресурсов, что увеличивает КПД поливных систем;
- осуществление водообеспеченности при любых климатических условия; распределение воды возможно в любую погоду;

- увеличение урожайности, что позволяет повысить урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые компоненты системы микроорошения включают в себя следующее.

- фильтр (для предохранения труб от попадания мелких частиц, способных засорить капельницы);

- регулятор давления (чтобы поддерживать оптимальное давление для эффективной работы системы);

- устройство предотвращения противотока (как правило, прерыватель вакуума, не позволяющий воде из системы попасть обратно в водопровод);

- заслонки – ручные или электронные (для контроля подачи воды в разные контуры);

- общий автоматический регулятор (включающий в себя регуляторы заслонок и таймер)[4];

- набор труб;

- капельницы, микрораспылители или капельные шланги.

Микрополивом возможно внесение удобрений под каждое растение, что благоприятно сказывается развитие растений, и на получение более высоких урожаев способствует. Что позволяет соблюдать все экологические нормы, при выращивании сельскохозяйственных культур. Данный метод позволяет, применять автоматизированные системы управлением полива, регулируя основные гидравлические характеристики системы, и соблюдая поливную норму.

На данный момент ежегодно теряется большое количество урожая. Под действием снижения уровня грунтовых вод, эрозии, засоленности почв и общего плохого управления орошением. В процессе этого наносится серьезный ущерб природным ресурсам и экологическим системам. Эта система позволяет сохранить воду, исключают эрозию почвы, вносят в почву меньше соли и снижают вредные действия засоленности на культуру.

## Литература

1. Михаил Дж. Босуэл Проект руководства по микроорошению. – Режим доступа: <https://olkpeace.cc/cgi-bin/nph-olkpeace.pl/00/https/olkpeace.org/download/stored/grow/Manual.drip.irrigation.for.agriculture.pdf> 3.11.2020

2. Чижевская, Н.А. Капельное орошение виноградников в Темрюкском районе/ Н.А. Чижевская // Современные проблемы и пути их решения в науке, производстве и образовании. – 2019. – № 8. – С. 188-191.

3. Чижевская, Н.А. Черноземельская обводнительно-оросительная система для Калмыкии/ Н.А. Чижевская // Сб.: Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки : Материалы LXXVIII студенческой международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 31-33.

4. Веретина, Е.А. Возделывание культур сои и подсолнечника в рисовых оросительных системах/ Е.А. Веретина, В.И. Орехова // Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко. – 2017. – С. 1007-1008.

5. Исследование траектории движения капель дождевальными машинами/ Г.К. Рембалович, А.И. Рязанцев, М.Ю. Костенко и др. // Вестник РГАТУ. – № 4 (40). – 2018. – С. 138-142.

6. Анализ дождевальных установок для орошения рассады/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 369-372.

УДК 621.43.05:62-531.3

## МОДУЛИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ С/Х МАШИН: БЛОКИ КОМПАНИИ STEINBAUER

А.Н. Бачурин<sup>1</sup>, П.И. Чернаков<sup>1</sup>, В.М. Корнюшин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье описан и проанализирован метод работы модульной системы повышения мощности компании STEINBAUER, выполнено сравнение с существующими системами, проанализированы их преимущества и недостатки, а также сделаны выводы о целесообразности и рациональности использования.

**Ключевые слова:** двигатель, давление двигателя, STEINBAUER, форсунки, система common rail.

**Summary.** The article describes and analyzes the method of operation of the modular system for increasing the power of the STEINBAUER Company, compares it with existing systems, analyzes their advantages and disadvantages, and draws conclusions about the appropriateness and rationality of the application.

**Key words:** engine, fuel pressure, STEINBAUER, injectors, common rail system.

В наше время существует достаточно широкий выбор систем повышения мощности дизельных и бензиновых двигателей легковых, коммерческих и грузовых автомобилей, а также двигателей строительной и сельхозтехники. Какие-то из этих систем действительно способны увеличить мощность двигателей и уменьшить расход потребляемого топлива, какие-то же, наоборот, мало того, что не работают, но и уменьшают ресурс работы двигателя или же работают в пределах статистической погрешности, что подтвердить или опровергнуть затруднительно. На Агропромышленной выставке-форуме «День поля Рязанской области-2020» одной из участников была компания Steinbauer Perfomance (Австрия), предлагающая электронные модули повышения мощности и производительности с/х техники до 25%, а также сокращающие расход топлива на 15%. При этом, сообщается, что максимально сохраняется ресурс работы двигателя. Разберёмся, так ли это [1, 2, 3].

Считается, что наиболее действенным средством повышения мощности двигателя мобильного энергетического средства (МЭС) является установка так называемых тюнинг-боксов.

Установка тюнинг-боксов для увеличения мощности штатных бензиновых и дизельных двигателей сегодня является одной из самых востребованных услуг. Такая операция практически не дает негативных эффектов и при этом проста до такой степени, что ее выполнение в определенных условиях может сделать человек, не имеющий глубоких познаний в типах и устройстве ДВС [4, 5].

Модули увеличения мощности условно делятся на несколько групп по принципу действия:

- 1) блоки изменения импульсов управления форсунками;
- 2) блоки замещения режимов работы ТНВД;
- 3) блоки изменения показаний датчика давления топливного аккумулятора «топливной рейки»;
- 4) блоки оптимизации режимов работы центрального процессора электронного блока управления (ЦП ЭБУ).

Устройства, работающие по первому принципу, обеспечивают прямое вмешательство в работу топливной системы, блокируя несколько важных ее этапов. При этом изменяется угол впрыска топлива и серьезно снижается общий ресурс выработки двигателя. До недавнего времени это был наиболее распространенный способ увеличения мощности ДВС, и использовался он в 90% случаев.

Блоки увеличения мощности с замещением режимов работы ТНВД не оказывают негативного воздействия на блок цилиндров двигателя. Они стимулируют поднятие давления в этом агрегате, изменяя показания соответствующих датчиков. Как правило, применяются в дизельных ДВС до 2008 года производства. Примером бренда, использующего данную технологию, является фирма TUNIT.

Третий тип блока увеличения мощности работает, как видно из названия, следующим образом: изменяет показания топливных датчиков (но не ниже номинального значения) в канале данных, не нарушая оптимальных условий работы двигателя. Блок устанавливается в разрыв информационной шины датчика давления. В результате временной промежуток для впрыска топлива (период открытия форсунок), рассчитываемый блоком управления двигателем (ЭБУ), претерпевает изменения в сторону его увеличения. Блок ЭБУ не выводит ошибку на табло приборов, так как дефектный сигнал вносит в электронную схему заниженное давление в рейке, но не ниже номинального значения. Эффект экономии топлива и прирост мощности достигается за счет того, что циклы дополнительного и последующего впрыска не вносятся во все режимы работы двигателя [4].

Увеличение мощности двигателя с перечисленными выше модулями происходит со снижением ресурса его работы или с повышением расхода топлива.

Четвертый тип и единственное безопасное на сегодняшний день устройство, способное увеличить мощность двигателя – модуль оптимизации режимов работы ЦП ЭБУ. По сути, это миниатюрный микроконтроллер, адаптирующий работу двигателя под топливные карты. Сегодня существуют как одноканальные, так и многоканальные модули, отличающиеся простотой монтажа. Их эффективное использование для увеличения мощности двигателя напрямую зависит от технических характеристик последнего [4].

Одной из известных компаний на рынке является австрийская компания Steinbauer Performance. В ассортименте данной компания имеются различные комплексные решения для многих видов автотранспортных средства с разными видами двигателей. Режим работы данных блоков строится как раз по четвертому принципу – оптимизации режимов работы ЦП ЭБУ [6].

Одним из важнейших преимуществ блоков компании является абсолютная автономность дополнительных модулей от устройства управления двигателем, что позволяет осуществить их несложную, быструю установку без какого-либо вмешательства в механизм двигателя транспортного средства.

По словам производителя, использование данного модуля без вмешательства в оригинальный ЭБУ и без изменения давления топлива в системе Common Rail (система подачи топлива, применяется в дизельных двигателях) способно безопасно увеличить основные показатели двигателя такие как, мощность и крутящий момент до 25%, а также уменьшить на 10% расход дизельного топлива. Данные цифры якобы достигаются за счет принципа работы модуля STEINBAUER: в нем цифровой модуль увеличивает давление топлива не в рампе, как у аналогов, а непосредственно в форсунках (рисунок 1).

Период впрыска топлива представляет из себя 3 фазы (рисунок 2):

I фаза – перед началом впрыска топлива, который не изменяется системой модуля, так как избыточное давление впрыска в цилиндре перед достижением поршня своей верхней точки в процессе сжигания топлива негативно влияет на прокладку головки цилиндров.

II фаза – фаза главного впрыска, в которой модуль STEINBAUER слаженно работает с оригинальным блоком управления двигателя.

III фаза – фаза дополнительного впрыска, в которой заводские параметры также как и в I фазе остаются неизменными, так как повышение температуры выхлопных газов используются только для очистки катализатора или сажевого фильтра [6, 7].

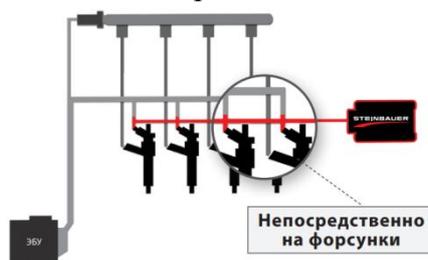


Рисунок 1 – Система впрыска топлива в модуле STEINBAUER



Рисунок 2 – График фаз впрыска топлива при использовании оптимизирующего модуля

В таблице 1 приведены и проанализированы различные наиболее часто используемые методы повышения мощности ДВС. На данный момент действительно актуальными являются модульные системы (имеющие по большому счету одинаковые преимущества и недостатки и различающиеся только по названию бренда) [7, 8].

Модульный блок не изменяет стандартные пределы безопасности двигателей в отношении температуры выхлопных газов, температуры охлаждающей жидкости или давления топлива. Если ЭБУ двигателя видит, что эти значения поднимаются слишком высоко, коды неисправностей будут происходить так, как они должны и, соответственно, снижение мощности будет выполняться оригинальным ЭБУ двигателя. Все эти аспекты учитываются при работе системы увеличения мощности компании STEINBAUER [6, 7].

Износ поршневой. Температура двигателя (выхлопные газы и охлаждающая жидкость) контролируется ЭБУ двигателя и постоянно находится в пределах уровней, определенных производителем.

Износ топливного насоса высокого давления. Давление впрыска, давление в топливных рампах или давление насоса не изменяется. Форсунки и система впрыска были разработаны для конкретных давлений, которые максимизируют распыление топлива, блок STEINBAUER работает в этих пределах.

Перегрев двигателя. Температура двигателя (выхлопные газы и охлаждающая жидкость) контролируется ЭБУ двигателя и остаётся в пределах уровней, определенных производителем.

Трансмиссия. ЭБУ двигателя контролирует нагрузку и уменьшает выходную мощность во время переключения передачи. Когда ЭБУ двигателя уменьшает впрыск для того, чтобы плавно переключить передачу, модуль также уменьшит впрыск и позволит трансмиссии плавно выполнить переключение передачи.

По мере увеличения мощности ограничения конструкции машины могут быть превышены, что может привести к быстрому износу компонентов двигателя и силовой установки, а также возможному отказу.

Таблица 1 – Сравнение используемых систем и их концепций повышения мощности

|    | Чип-тюнинг<br>(chip tuning)  | Тюнинг<br>программного<br>обеспечения<br>(flash tuning)   | Система,<br>модернизирующая<br>Rail Pressure<br>(давление в рампе)  | Дополнительный<br>модуль<br>STEINBAUER  |
|----|--|---|---|---|
| 1. | Срыв гарантийной<br>пломбы, влекущий<br>аннулирование<br>гарантии                                | Увеличение давления<br>нагнетаемого воздуха<br>/ и давления топлива<br>в рампе                                    | Увеличение<br>давления<br>нагнетаемого<br>воздуха / и<br>давления топлива в<br>рампе                            | Отсутствие<br>изменения в<br>давлении<br>нагнетаемого<br>воздуха/ топлива<br>в рампе (rail) |
| 2. | Приходится паять<br>электронную плату  | Отключение<br>автоматической<br>диагностики (коды<br>ошибок) – возможна<br>перегрузка важных<br>узлов и агрегатов | Дешевые и<br>невлагостойкие<br>компоненты   | Без вмешательства<br>в оригинальный<br>блок управления<br>двигателем                        |
| 3. | Может вызвать<br>неисправность<br>дорогостоящего<br>блока управления                             | Ограничения<br>значений датчика<br>обычно увеличены   | Простая установка<br>через проводку   | Простая установка,<br>так как для каждой<br>модели<br>производится свой<br>модуль           |
| 4. | Неверный код при<br>использовании<br>способен привести к<br>неисправности<br>систему             | Редко производится<br>резервное<br>копирование<br>оригинального ПО  | Интегрированная<br>система ПО   | 3 года гарантии   |
| 5. | В крайнем случае<br>может произойти<br>отказ двигателя   | Игнорируются<br>параметры<br>безопасности - влечет<br>за собой отказ<br>двигателя                                 | Высокая нагрузка<br>на топливную<br>систему из-за<br>повышения<br>давления топлива и<br>температуры<br>сгорания | Модульная<br>система,<br>зарекомендовавшая<br>себя в более чем 30<br>странах                |
| 6. | Отсутствие<br>возможности<br>возврата блока<br>управления в<br>оригинальное<br>состояние         | При проведении СТО<br>ПО обычно<br>перезаписывается и<br>удаляется  | Повышенный износ<br>на компоненты<br>двигателя  | Поставки<br>оборудования<br>напрямую от OEM   |
| 7. | Тюнинг<br>оборудования<br>оставляет явные<br>следы, которые<br>снижают рыночную<br>стоимость МЭС | Отсутствие<br>физического<br>продукта, а<br>следовательно,<br>невозможность<br>использовать на<br>другом МЭС      | В худшем случае:<br>отказ двигателя   | Точная настройка<br>для использования<br>в каждом<br>определенном<br>автомобиле             |

Мощность прибавляется только после того, как двигатель достиг полной нагрузки, следовательно, мощность на холостом ходу никак не увеличивается (рисунок 3) [6].

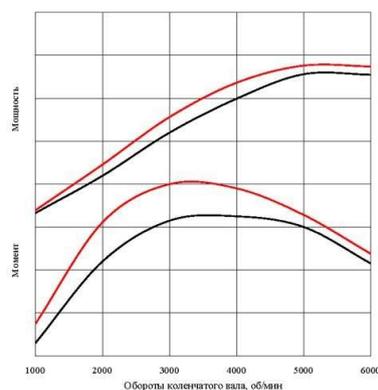


Рисунок 3 – График зависимости оборотов коленчатого вала от использования ресурса двигателя с использованием модуля и без

Срок службы двигателя. Для примера, у многих производителей один и тот же двигатель объёмом 9,0 л существует в версиях от 290 л.с. до 400 л.с. без изменений цепи привода или конструктивных изменений во многих случаях. Добавление на 25% больше мощности к двигателю 290 л.с., когда он изготовлен на заводе в версии 400 л.с. никоим образом не увеличивает износ. Если это не может быть открыто той же гарантией, то трактор 400 л. с. не должен иметь ту же гарантию, что и трактор с этим же двигателем в версии 290 л.с. Гарантия завода-изготовителя рассчитана на двигатель в версии с максимальной мощностью 400 л.с. Таким образом, дополнительная мощность может увеличить износ двигателя, но оставаясь в пределах безопасной температуры и давления, установленных заводом, этот фактор предельно минимизируется [7, 8].

Подводя выводы к вышесказанному следует отметить, что, несмотря на скептический настрой потенциальных пользователей системы, тюнинг-боксы компании STEINBAUER были высоко оценены, о чем говорят рост продаж, хорошие отзывы механизаторов со всего мира, а также, главное, существующие графики с тестовых стендов МЭС. Но это только что касается увеличения мощности двигателя на 25% и то с ограничениями: надо чтобы эти двигатели были спроектированы и изготовлены на заводах в версиях на более высокую мощность. Во всех других случаях ресурс двигателя будет резко уменьшаться и приводить к поломкам.

Что же касается рекламы о снижении расхода топлива на 10–15%, то здесь никаких доказательств не существует. А чисто теоретически можно предположить, наоборот, прирост расхода топлива на те же 25%. Хотя экономию топлива можно получить за счёт применения более производительных с/х машин (большой захват, выполнение нескольких операций) и выполнения с/х операций в меньшие сроки. Поэтому окончательное решение о применении модулей компании STEINBAUER остаётся за владельцами МЭС после соответствующих расчётов [9].

## Литература

1. Бачурин, А.Н. Способы обеспечения сельскохозяйственной техники газомоторным топливом/ А.Н. Бачурин, И.Ю. Коньков, В.М. Корнюшин // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы национальной научно-практической конференции 14 декабря 2017 года. – Рязань : РГАТУ, 2017. – Часть 2. – С. 20-24.
2. Корнюшин, В.М. Обеспечение заправки с/х техники, работающей на газомоторном топливе/ В.М. Корнюшин, А.А. Тимохин // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых учёных : Материалы научно-практической конференции с международным участием 2 марта 2018 года. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 110-115.

3. Черных, И.В. Линия контейнерного типа для получения масла из семян/ И.В. Черных, Н.В. Бышов, В.М. Корнюшин // Сельский механизатор. – № 11. – 2014. – С. 23.
4. Шило, И.Н. Электронные системы мобильных машин/ И.Н. Шило, А.И. Бобровник, В.Г. Левков. – Минск : Издательство «Белорусский государственный аграрный технический университет», 2013. – 318 с.
5. Колганов, С.С. Этиловое биотопливо как альтернатива для двигателей с искровым зажиганием/ С.С. Колганов, В.М. Корнюшин // Вестник Совета молодых учёных РГАТУ. – № 1 (2). – 2016. – С. 226-231.
6. STEINBAUER Performance – Power Enhancement for Diesel Engines. – Режим доступа: <https://www.steinbauer.cc/ru/>.
7. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail: перевод с англ.: учеб.пособие. – М. : ЗАО «Легион – Автодата», 2008. – 48 с.
8. Неравнодушным к чип тюнингу дизеля посвящается. – Режим доступа: <https://www.cars.ru/articles/note/20431931/>.
9. Пат. РФ № 2013125815/13. Линия для получения масла из семян масличных культур контейнерного типа/ Бышов Н.В., Корнюшин В.М., Бачурин А.Н., Бышов Д.Н., Костенко П.А., Черных И.В., Горохов А.А. – Оpubл. 27.11.2013; Бюл. № 33. – 2 с.
10. Диагностика двигателя внутреннего сгорания при помощи диагностического тестера/ А.Ю. Богданчикова, И.Ю. Богданчиков, Т.М. Богданчикова, И.В. Серявин // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2015. – №1. – С. 239-244.
11. Природопользование и устойчивое развитие биосферы/ Д.В. Виноградов, Р.Т. Турекельдиева, А.В. Ильинский, С.Т. Дуйсенбаева. – Рязань : РГАТУ, 2020. – 164 с.
12. Анализ энергетических показателей сельскохозяйственных машин/ И.А. Успенский, В.М. Переведенцев, С.Е. Крыгин, С.Н. Борычев // Сб.: Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – Рязань : РГАТУ, 1998. – С. 88-89.
13. Лузгин, Н.Е. Определение основных мощностных параметров скребкового транспортера-дозатора сыпучих грузов/ Н.Е. Лузгин, В.Н. Туркин // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы научно-практической конференции с международным участием – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 73-77.
14. Бышов, Н.В. К вопросу снижения энергетических затрат при эксплуатации машин во время уборки картофеля/ Н.В. Бышов, В.М. Колиденков, С.А. Коноплев, И.А. Успенский, С.Е. Крыгин // Сб.: Юбилейный сборник научных трудов сотрудников и аспирантов РГСХА50-летию академии посвящается. – Рязань : Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева, 1999. – С. 257-259.
15. Стребков, С.В. Оценка эффективности импортозамещения запасных частей сельскохозяйственной техники/ С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев // Сб.: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий : Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. – ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – С. 75-76.
16. Водолазская, Н.В. Технические системы: сегодня и завтра/ Н.В. Водолазская. – Донецк : ДонНТУ, 2008. – 203 с.
17. Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery/ I.I. Gabitov, S.Z. Insafuddinov, Y. Ivanov et al. // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 70-80.

## ВЫБОР СПЕКТРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕМЯН АГРОКУЛЬТУР

*М.В. Беляков<sup>1</sup>, В.В. Малышкин<sup>1</sup>, И.Ю. Ефременков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Смоленск*

**Аннотация.** Произведена математическая обработка результатов измерений спектральных параметров семян некоторых агрокультур, а именно рассчитаны такие параметры как: математическое ожидание, дисперсия, центральный статический момент 3-го порядка, центральный статический момент 4-го порядка, эксцесс, полная энергия люминесценции в программе Microcal Origin7. Получены значения чувствительности спектров возбуждения и спектров люминесценции, а также коэффициенты детерминации зависимостей параметров спектров от всхожести. Результаты работы могут быть полезны инженерам работающим в области спектроскопии, ученым-биофизикам, специалистам применяющим оптическое излучение в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** *спектральные параметры, фотолюминесценция, чувствительность, семена сельскохозяйственных культур.*

**Summary.** Mathematical processing of the results of measurements of the spectral parameters of seeds of some agricultural crops was performed, namely, such parameters as: mathematical expectation, dispersion, Central static moment of the 3rd order, Central static moment of the 4th order, kurtosis, total luminescence energy were calculated in the Microcal Origin7 program. The sensitivity values of the excitation and luminescence spectra are obtained, as well as the coefficients of determination of the dependences of the parameters of the spectra on germination. The results of this work can be useful for engineers working in the field of spectroscopy, biophysicists, and specialists who use optical radiation in agriculture.

**Key words:** *the spectral parameters, photoluminescence, sensitivity, seeds of agricultural crops.*

Технологии исследования фотолюминесценции семян зерновых растений являются экспрессными, так как излучение осуществляется через  $10^{-8}$  с после поглощения света, а также характеризуются высокой чувствительностью. За данный промежуток времени протекают множество различных молекулярных процессов, которые оказывают большое влияние на спектральные характеристики флуоресцирующего соединения. На сегодняшний день существуют приборы, позволяющие производить измерение флуоресценции в  $10^{-18}$  с зонда в живой клетке за время около  $10^{-5}$  с, что в несколько раз превосходит чувствительность и быстродействие даже таких чувствительных методов, как радиоизотопный и иммуноферментный. Также исследование фотолюминесценции имеет ряд преимуществ, а именно для получения информации о состоянии живых и неживых систем нет необходимости разрушать их, не требует большого объема пробы [1]. Классические методы определения качества, например, всхожести по ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» имеют некоторые недостатки, а именно: длительность по времени определения, большое количество дорогостоящего оборудования и является разрушающим.

Благодаря спектрам фотолюминесценции возможно определить тип семян, их происхождение, влажность, всхожесть, дефектность и т.д. [2–4].

Для анализа использовали следующие числовые характеристики [5]:

1) математическое ожидание  $M_\lambda$ , характеризующее положение центра тяжести спектра;

$$M_{\lambda} = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda. \quad (1)$$

Расчет чувствительности производили следующим образом:

$$S_{M_{\lambda}} = \left| \frac{\Delta M_{\lambda}}{\Delta B} \right|, \quad (2)$$

где  $\Delta M_{\lambda}$  – изменение математического ожидания,  $\Delta B$  – изменение всхожести;

2) дисперсия  $\sigma^2$ , характеризующая степень разброса длин волн люминесценции относительно центра тяжести:

$$\sigma^2 = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} (\lambda - M)^2 \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (3)$$

Расчет чувствительности проводили по формуле, аналогичной (2);

3) центральный статический момент 3-го порядка  $\mu_3$ , являющийся числовой характеристикой асимметрии спектра фотолюминесценции:

$$\mu_3 = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} (\lambda - M)^3 \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (4)$$

4) центральный статический момент 4-го порядка  $\mu_4$ , который служит числовой характеристикой о степени крутизны или пологости спектра:

$$\mu_4 = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} (\lambda - M)^4 \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (5)$$

5) степень асимметрии спектра. На практике для оценки асимметрии используют коэффициент асимметрии  $A_S$ :

$$A_S = \frac{\mu_3}{\sigma^3}, \quad (6)$$

6) на практике за оценку коэффициента крутости приняли искусственно созданную величину, которую назвали эксцессом  $E_{\lambda}$ :

$$E_{\lambda} = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3, \quad (7)$$

7) полная энергия люминесценции в диапазоне длин волн:

$$E = 1240 \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} \frac{1}{\lambda} \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (8)$$

Расчет чувствительностей  $\mu_3$ ,  $\mu_4$ ,  $A_S$ ,  $E_{\lambda}$ ,  $E$  также производили по формуле, аналогичной (2). Анализ спектров возбуждения и спектров люминесценции осуществляли на универсальной аппаратуре – спектрофлуориметре «Флюорат – 02 – Панорама», для обработки спектров и расчета математических характеристик использовали программу Microcal Origin7. Полагаем, что спектр фотолюминесценции сплошной и в диапазоне измеряемых длин волн имеет непрерывный характер.

Программное обеспечение спектрофлуориметра «Флюорат – 02 – Панорама» позволяет получить интегральные параметры спектров возбуждения и спектров люминесценции:

$$H = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \eta_{\nu}(\lambda) d\lambda, \quad (9)$$

где  $\eta_{\nu}(\lambda)$  – спектральная характеристика возбуждения (поглощения),  $\lambda_1 \dots \lambda_2$  – границы спектрального диапазона возбуждения.

$$\Phi = \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} \varphi_{\lambda}(\lambda) d(\lambda), \quad (10)$$

$\varphi_{\lambda}(\lambda)$  – спектральная характеристика фотолюминесценции,  
 $\lambda_1 \dots \lambda_2$  – границы рабочего спектрального диапазона фотолюминесценции  
и интегральное значение для спектра возбуждения.

Чувствительность по интегральной характеристике возбуждения и люминесценции определили аналогично (2):

В таблице 1 и таблице 2 представлены рассчитанные значения чувствительности спектров возбуждения и спектров люминесценции для некоторых семян агрокультур, в таблице 3 и таблице 4 представлены рассчитанные коэффициенты детерминации при линейной аппроксимации зависимостей спектральных параметров от всхожести семян. В качестве примера на рисунках 1 и 2 представлены зависимости всхожести семян гороха от математического ожидания, дисперсии, спектра возбуждения, спектра фотолюминесценции.

Таблица 1 – Значения чувствительностей по всхожести параметров возбуждения семян СХ культур

| СХ культуры  | $S_{M_{\lambda}}$ , нм/% | $S_{\sigma^2}$ | $S_{\mu_3}$ | $S_{\mu_4}$ | $S_{A_s}$ | $S_{E_{\lambda}}$ | $S_E$ , эВ/% | $S_H$ , о.е./% |
|--------------|--------------------------|----------------|-------------|-------------|-----------|-------------------|--------------|----------------|
| Пшеница      | 0                        | 0,10           | 0,33        | 160,03      | 0         | 0                 | 0            | 1,97           |
| Горох        | 0,03                     | 0,12           | 51,13       | 92,86       | 0         | 0                 | 0            | 5,28           |
| Фасоль белая | 0,03                     | 0,34           | 14,97       | 392,16      | 0         | 0                 | 0            | 3,07           |
| Тритикале    | 0,01                     | 0,40           | 15,34       | 1148,86     | 0         | 0                 | 0            | 3,60           |
| Горчица      | 0,02                     | 0,24           | 20,39       | 649,71      | 0         | 0                 | 0            | 23,76          |
| Овёс         | 0,02                     | 0,05           | 21,27       | 190,33      | 0         | 0                 | 0            | 1,68           |
| Ячмень       | 0,02                     | 0,96           | 1,55        | 1709,37     | 0         | 0                 | 0            | 9,76           |
| Рожь         | 0,01                     | 0,69           | 1,06        | 2443,58     | 0         | 0                 | 0            | 0,36           |

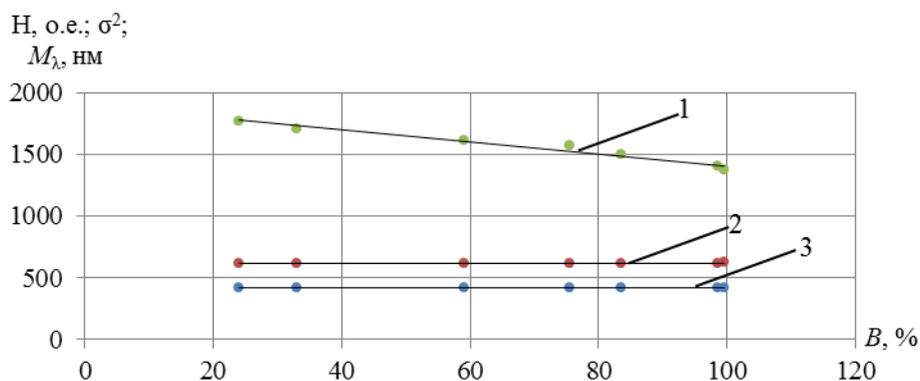


Рисунок 1 – Аппроксимация зависимостей всхожести семян гороха от 1 – энергии возбуждения, 2 – дисперсии, 3 – математического ожидания

Таблица 2 – Значения чувствительностей по всхожести параметров спектров фотолюминесценции семян СХ культур

| СХ культуры  | $S_{M_{\lambda}}$ , нм/% | $S_{\sigma^2}$ | $S_{\mu_3}$ | $S_{\mu_4}$ | $S_{A_s}$ | $S_{E_{\lambda}}$ | $S_E$ , эВ/% | $S_{\Phi}$ , о.е./% |
|--------------|--------------------------|----------------|-------------|-------------|-----------|-------------------|--------------|---------------------|
| Пшеница      | 0,01                     | 0              | 14,86       | 390,65      | 0         | 0                 | 0            | 2,90                |
| Горох        | 0,01                     | 0,72           | 23,68       | 3675,50     | 0         | 0                 | 0            | 9,27                |
| Фасоль белая | 0,03                     | 0,40           | 49,88       | 1312,97     | 0         | 0                 | 0            | 4,95                |

Продолжение таблицы 2

|           |      |      |        |         |   |   |   |       |
|-----------|------|------|--------|---------|---|---|---|-------|
| Тритикале | 0,04 | 0,25 | 59,11  | 546,86  | 0 | 0 | 0 | 4,96  |
| Горчица   | 0,02 | 0,47 | 12,83  | 1013,44 | 0 | 0 | 0 | 22,58 |
| Овёс      | 0,03 | 0,15 | 37,33  | 19,46   | 0 | 0 | 0 | 3,34  |
| Ячмень    | 0,12 | 0,44 | 207,88 | 7101,43 | 0 | 0 | 0 | 14,68 |
| Рожь      | 0,01 | 0,42 | 101,03 | 989,01  | 0 | 0 | 0 | 1,21  |

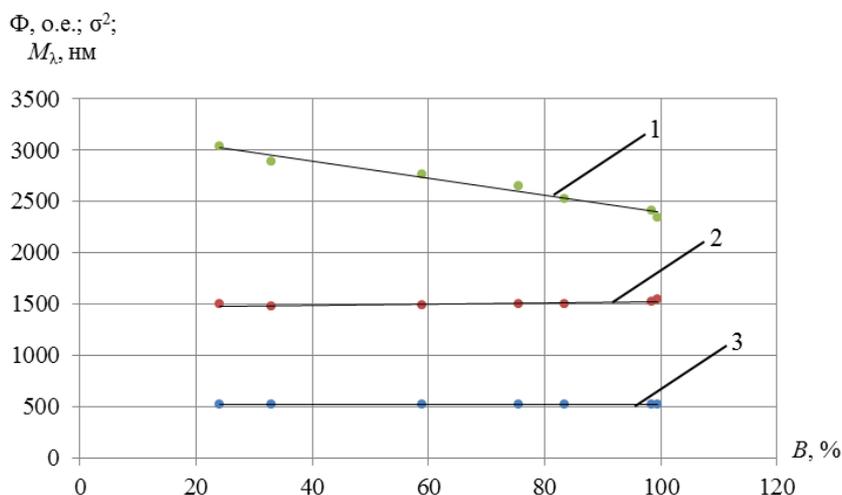


Рисунок 2 – Аппроксимация зависимостей всхожести семян гороха от 1 – потока фотолюминесценции, 2 – дисперсии, 3 – математического ожидания

Зависимости  $M_\lambda(B)$ ,  $\sigma^2(B)$ ,  $H(B)$ ,  $\Phi(B)$  на рисунках 1 и 2 имеют линейный характер, при этом коэффициенты детерминации для  $M_\lambda$  и  $\sigma^2$  составляют  $R^2 < 0,7$ , а для  $H$  и  $\Phi$   $R^2 > 0,9$ .

Таблица 3 – Коэффициенты детерминации при линейной аппроксимации зависимостей параметров спектров возбуждения от всхожести

| СХ культуры  | $R^2_{M_\lambda}$ | $R^2_{\sigma^2}$ | $R^2_{\mu_3}$ | $R^2_{\mu_4}$ | $R^2_{A_s}$       | $R^2_{E_\lambda}$ | $R^2_E$            | $R^2_H$ |
|--------------|-------------------|------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------|
| Пшеница      | -                 | 0,3450           | 0,1317        | 0,3820        | 0,0216            | 0,1652            | 0,0861             | 0,7119  |
| Горох        | 0,3486            | 0,7104           | 0,0782        | 0,4666        | 0,6387            | 0,3106            | 0,4518             | 0,9666  |
| Фасоль белая | 0,7410            | 0,9371           | 0,7308        | 0,9671        | 0,7705            | 0,9211            | 0,5658             | 0,9488  |
| Тритикале    | 0,0006            | 0,9480           | 0,0877        | 0,9459        | $3 \cdot 10^{-5}$ | 0,9119            | $3 \cdot 10^{-16}$ | 0,9370  |
| Горчица      | 0,3288            | 0,8279           | 0,8409        | 0,9208        | 0,7596            | 0,3822            | 0,8346             | 0,9697  |
| Овёс         | 0,2952            | 0,0679           | 0,1664        | 0,0643        | 0,1297            | 0,0718            | 0,0888             | 0,1172  |
| Ячмень       | 0,2869            | 0,5060           | 0,2037        | 0,3678        | 0,4523            | 0,5696            | 0,4265             | 0,9562  |
| Рожь         | 0,1476            | 0,1778           | 0,1504        | 0,1967        | 0,2155            | 0,0645            | 0,2769             | 0,040   |

Таблица 4 – Коэффициенты детерминации при линейной аппроксимации зависимостей параметров спектров фотолюминесценции от всхожести

| СХ культуры  | $R^2_{M_\lambda}$ | $R^2_{\sigma^2}$ | $R^2_{\mu_3}$ | $R^2_{\mu_4}$ | $R^2_{A_s}$ | $R^2_{E_\lambda}$ | $R^2_E$ | $R^2_\Phi$ |
|--------------|-------------------|------------------|---------------|---------------|-------------|-------------------|---------|------------|
| Пшеница      | 0,0153            | 0,0239           | 0,0551        | 0,0092        | 0,0412      | 0,0080            | -       | 0,6532     |
| Горох        | 0,0184            | 0,5688           | 0,0759        | 0,6530        | 0,0004      | 0,1805            | 0,0134  | 0,9726     |
| Фасоль белая | 0,7410            | 0,7982           | 0,9618        | 0,5049        | 0,9351      | 0,9680            | 0,6597  | 0,9520     |
| Тритикале    | 0,6406            | 0,5427           | 0,6462        | 0,6448        | 0,6200      | 0,5750            | 0,6831  | 0,8775     |
| Горчица      | 0,3966            | 0,7489           | 0,5472        | 0,7698        | 0,5806      | 0,6441            | 0,3920  | 0,9509     |

Продолжение таблицы 4

|        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Овёс   | 0,2704 | 0,7458 | 0,2417 | 0,0233 | 0,2358 | 0,4051 | 0,1939 | 0,0890 |
| Ячмень | 0,6803 | 0,0201 | 0,5963 | 0,1371 | 0,5912 | 0,4963 | 0,6530 | 0,9427 |
| Рожь   | 0,1574 | 0,0027 | 0,2471 | 0,1848 | 0,1886 | 0,0967 | 0,2787 | 0,0473 |

Из таблицы 1 и 2 следует, что чувствительности математического ожидания и дисперсии не превышают 1, коэффициенты детерминации  $R^2 < 0,6$ , для большинства культур. Из этого следует, что линейный способ аппроксимации для данных параметров, не является статистически достоверным, в то же время другие виды аппроксимации также не достоверны ввиду низкого значения коэффициента  $R^2$ . Также наблюдаются сравнительно большие значения чувствительности для центральных статических моментов 3-го и 4-го порядков, но они не играют роли ввиду отсутствия корреляции, коэффициент детерминации  $R^2$ , для большинства культур, не превышает 0,7, что также свидетельствует о том, что линейный способ аппроксимации, для данных параметров, не является статистически достоверным. Чувствительность асимметрии, коэффициента крутости, и полной энергии люминесценции равно нулю и коэффициенты детерминации  $R^2 < 0,5$ , что также свидетельствует о не достоверности линейной аппроксимации. Коэффициент детерминации для спектров возбуждения и спектров люминесценции, для большинства культур,  $R^2 = 0,8 - 0,9$  что говорит о достоверности результатов измерений.

### Литература

1. Беляков, М.В. Фотолюминесцентный метод оценки параметров семян растений и прибор для его реализации/ М.В. Беляков // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 2 (27). – С. 153-159.
2. Беляков, М.В. Исследование спектральных характеристик возбуждения люминесценции семян кукурузы при созревании/ М.В. Беляков, И.Ю. Ефременков, Я.В. Коррогодова, М.П. Генералова // Сб.: Энергетика, информатика, инновации – 2019 : Материалы IX Международной научно-технической конференции. В 2 т. Т. 1. – Смоленск : «Универсум», 2019. – С. 398-401.
3. Беляков, М.В. Фотолюминесцентный контроль спелости семян зерновых в процессе созревания/ М.В. Беляков // Инженерные технологии и системы. – 2019. – № 2. – С. 306-319.
4. Ефременков, И.Ю. Исследование спектральных характеристик возбуждения и люминесценции семян фасоли при созревании/ И.Ю. Ефременков // Сб.: Информационные технологии, энергетика и экономика – 2020 : Материалы XVII Международной научно-технической конференции. В 3 т. Т. 2. – Смоленск : «Универсум», 2020. – С.62 – 65.
5. Зиенко, С.И. Характеристики и параметры спектров фотолюминесценции семян зерновых растений/ С.И. Зиенко, М.В. Беляков // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 31. – С. 157-160.
6. Левин, В.И. Физиологические основы технологии послеуборочного хранения семян зерновых культур/ В.И. Левин, С.А. Макарова // Вестник РГАТУ. – 2011. – № 2 (10). – С. 26-29.
7. Левин, В.И. Влияние омагнической воды на формирование урожая огурца в условиях защищенного грунта/ В.И. Левин, Л.А. Таланова // Сб: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий, посвященный 50-летию юбилею Мещерского филиала Государственного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – Рязань, 2004. – С. 267-269.
8. Пат. РФ № 30485. Устройство для предпосадочной обработки семенного материала магнитным полем/ Ефимов Д.В., Гришин И.И., Пашенко В.М., Клейменов Э.В., Крыгин С.Е. – Оpubл. 26.12.2002.

9. Коченов, В.В. Методика и результаты определения текучести зерновой массы в зависимости от влажности зерна/ В.В.Коченов, П.А. Силушин // Сб.: Сборник научных трудов ФГБНУ ВНИМС, посвященный 50-летию института. – Рязань : Изд-во ФГБНУ ВНИМС, 2015. – С.162-164.

10. Мусаев, Ф.А. Классификация семян и инновационные приемы использования их в пищевой промышленности/ Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова, Н.И. Морозова, О.В. Черкасов // Сб.: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 2. – С. 63-64.

11. Мусаев, Ф.А., Классификация семян и их использование в пищевой промышленности/ Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова, Н.И. Морозова, О.В. Черкасов. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 167.

УДК 535.37:57.087

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СЕМЯН ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

*М.В. Беляков<sup>1</sup>, А.Н. Боровикова<sup>1</sup>, И.Ю. Ефременков<sup>1</sup>, Е.Р. Исаченков<sup>1</sup>, Д.В. Куряков<sup>1</sup>,  
Д.С. Пятченков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, г. Смоленск

**Аннотация.** Представлен фотолюминесцентный метод измерения параметров качества семян. Определена относительная погрешность измерения потока. Установлено, что погрешность метода не превышает погрешности, допускаемой ГОСТ при определении всхожести семян.

**Ключевые слова:** семена растений, поток фотолюминесценции, погрешность измерений.

**Summary.** Photoluminescent method for measuring seed quality parameters is presented. The relative error of flow measurement is determined. It is established that the error of the method does not exceed the error allowed by GOST in determining seed germination.

**Key words:** plant seeds, photoluminescence flux, measurement error.

Оптический фотолюминесцентный метод определения качественных характеристик пищевых продуктов является экспрессным, бесконтактным, неразрушающим и может быть легко встроен в технологические процессы. В настоящее время метод адаптирован под измерение всхожести семян, влажности сыпучих пищевых продуктов, эффективности скарификации, степени измельчения круп, качества обжарки кофе и др. [1-4]. Суть метода заключается в возбуждении фотолюминесценции исследуемых объектов излучением определённого диапазона, измерении потока люминесценции, преобразовании и усилении электрического сигнала и нахождении требуемого параметра качества (всхожесть, влажность и т. д.) по ранее установленным зависимостям. Данные зависимости аппроксимированы, как правило, линейными регрессионными функциями, являющимися статистически достоверными с коэффициентами детерминации  $R^2 > 0,8$ . Общий вид такой линейной регрессионной модели:

$$P = a_0 + a_1 \Phi, \quad (1)$$

где  $P$  – параметр качества объекта,

$\Phi$  – поток фотолюминесценции образцов объекта,

$a_0$  и  $a_1$  – коэффициенты аппроксимации.

Таким образом, одним из ключевых факторов, определяющих точность фотолюминесцентного метода и устройств для его реализации, является точность определения потока фотолюминесценции. Данный поток является интегральным параметром спектра люминесценции:

$$\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_{\text{л}}(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

где  $\varphi_{\text{л}}(\lambda)$  – спектральная характеристика люминесценции,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – границы спектрального диапазона.

Типовая характеристика люминесценции семян большинства зерновых, зернобобовых и овощных растений представлена на рисунке 1.

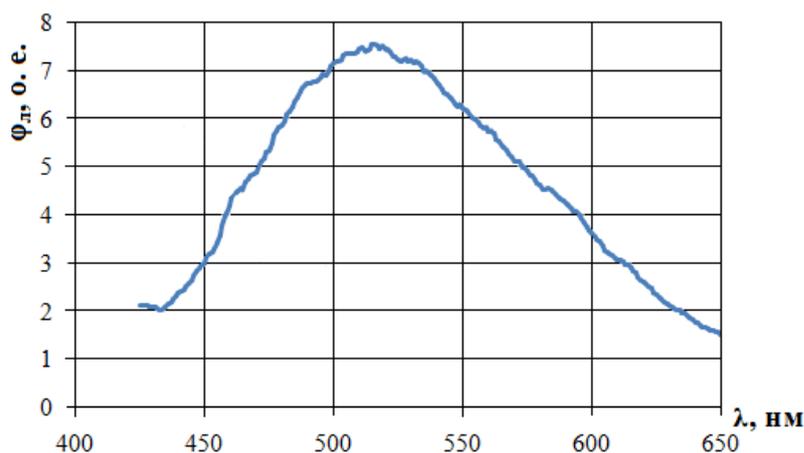


Рисунок 1 – Типовая характеристика люминесценции семян растений

Для определения погрешности измерений потока фотолюминесценции были проведены 32 измерения и проведена их обработка по общепринятой методике [5]. Для надёжности 0,9 получили погрешность при двух измерениях равную 22,3%, при трёх – 9,4%, при четырёх – 5,9%. При дальнейшем увеличении числа измерений относительная погрешность снижается до 1,7% (рисунок 2).

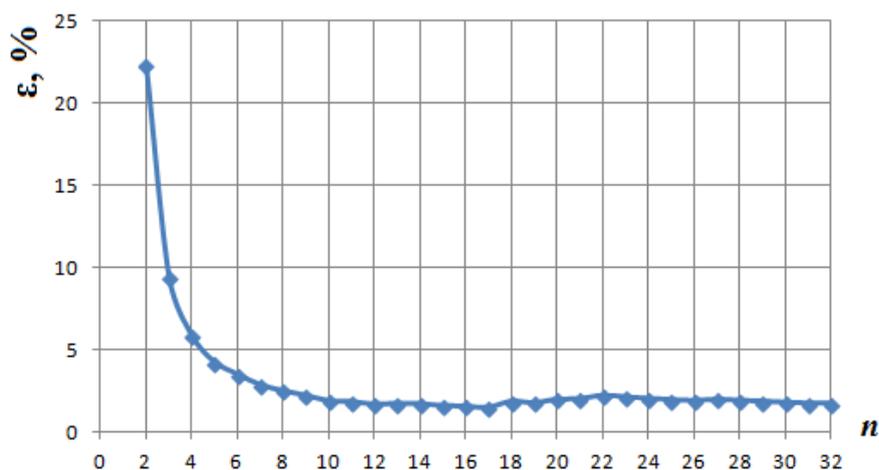


Рисунок 2 – Зависимость относительной погрешности от числа измерений

Если известно значение допустимой ошибки выборки, можно правильно определить объём выборочной совокупности  $n$ , которая с определённой вероятностью обеспечит заданную точность результатов.

$$n = \frac{t^2 S^2 N}{\Delta_{\Phi}^2 + t^2 S^2}, \quad (3)$$

где  $\Delta_{\Phi}$  – доверительный интервал,

$S$  – стандартное отклонение среднего,  
 $t$  – коэффициент Стьюдента,  
 $N$  – численность генеральной совокупности.

Для погрешности 5% при расчёте по формуле (3) получили значение  $n=4,52 \approx 5$ .

Точность разработанного метода не хуже, чем определяемая ГОСТ 12038 «Семена сельскохозяйственных растений. Методы определения всхожести» (допускаемое отклонение до  $\pm 10-14\%$ ), но при этом по времени проведения измерения существенно быстрее (менее минуты), не требует расходных материалов и специального оборудования.

Погрешность измерения влажности в таком технологическом процессе выше, чем у предусмотренного ГОСТ 13586.5 метода воздушно-тепловой сушки (0,3-0,4%) и составляет более 5%, но люминесцентный метод существенно лучше по скорости измерения, энергозатратам и не требует специального оборудования. Точность может быть повышена при увеличении числа измерений.

## Литература

1. Беляков, М.В. Оптические спектральные свойства семян растений различной влажности/ М.В. Беляков // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 4 (59). – С. 38-50.
2. Беляков, М.В. Разработка люминесцентного анализатора всхожести семян агрокультур/ М.В. Беляков, Е.И. Выборнова // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 1 (68). – С. 39-52.
3. Зиенко, С.И. Люминесцентная диагностика семян кормовых растений при скарификации/ С.И. Зиенко, М.В. Беляков, В.В. Малышкин, М.Е. Кондрашова // Научная жизнь. – 2017. – № 5-6. – С. 4-13.
4. Belyakov, M.V. Control of bulk products' humidity and grinding size by the photoluminescent method photoluminescent quality control/ M.V. Belyakov, M.G. Kulikova // Journal of Food Processing and Preservation. – 2020. – Vol. 44. – № 9. – P. 14640.
5. Гусаров, В.М. Статистика/ В.М. Гусаров, Е.И. Кузнецова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 479 с.
6. Планирование эксперимента в инженерно-технической сфере АПК с использованием компьютерной программы «Mathematica»/ В.В. Утолин., Н.Е. Лузгин, В.М. Ульянов и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 479-484.
7. Голубева, Н.И. Растениеводство/ Н.И. Голубева, Н.В. Вавилова, Д.В. Виноградов. – Рязань, 2006. – 252 с.
8. Мусаев, Ф.А. Классификация семян и инновационные приемы использования их в пищевой промышленности/ Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова, Н.И. Морозова, О.В. Черкасов // Сб.: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 2. – С. 63-64.
9. Мусаев, Ф.А. Классификация семян и их использование в пищевой промышленности/ Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова, Н.И. Морозова, О.В. Черкасов. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 167.

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОМЫ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*И.Ю. Богданчиков<sup>1</sup>, А.Н. Бачурин<sup>1</sup>, К.Н. Дрожжин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлены результаты НИР выполненную по заказу Минсельхоза РФ в 2020 года на тему «Повышение эффективности использования соломы и сидератов в системе органического земледелия».

**Ключевые слова:** солома, плодородие почвы, органическое земледелие, утилизация, удобрение, система машин.

**Summary.** The article presents the results of research carried out by order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation in 2020 on the topic «Increasing the efficiency of the use of straw and siderates in the organic agriculture system».

**Key words:** straw, soil fertility, organic farming, recycling, fertilizer, machine system.

Работа выполнялась в рамках темы НИР выполненную по заказу Минсельхоза РФ в 2020 года, чем и обуславливается её актуальность [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Эффективность использования соломы оценивали по увеличению урожайности ярового овса, сорт «Скакун» в 2020 году, возделываемого на опытном поле (в качестве удобрения использовалась солома ярового ячменя сорта «Владимир» утилизированной в 2019 году при помощи агрегата для утилизации незерновой части урожая (АдУ НЧУ) в качестве удобрения), по вариантам в зависимости от используемого биопрепарата и в сравнении с технологией, когда биопрепараты вносились с/х опрыскивателем.

Учитывая, что АдУ НЧУ совмещает операции по внесению рабочего раствора с измельчением и разбрасыванием растительных остатков, то сравнительный расчёт затрат будет производится по следующим операциям, по методике, проводимой нами в 2019 году [7]:

1) уборка зерновой части и укладка в валок НЧУ для одного варианта, а для другого измельчение НЧУ зерноуборочным комбайном (в качестве расчётного используем Acros-595 Plus).

2) измельчение с одновременной обработкой рабочим раствором биологических препаратов ускоряющих процесс разложения НЧУ при помощи АдУ НЧУ (МТЗ-82+АдУ НЧУ на базе Kverneland fx 230) в одном варианте и внесение рабочего раствора при помощи опрыскивателей (МТЗ-82+ОП-3000) для другой.

Расчет произведем по количеству необходимого топлива согласно методики описанной в [7] и на основе:

$$Q = \frac{\Omega_{\text{ф.ед}}}{W_{\text{см}}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \lambda_{\text{ч}} \cdot q_{\text{у.э.га}}, \quad (1)$$

где  $Q$  – объем топлива необходимый на операцию, л;

$\Omega_{\text{ф.ед}}$  – объем работ в физических единицах, га (т);

$W_{\text{см}}$  – сменная выработка агрегата, га/см. (т/см);

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, ч;

$\lambda_{\text{ч}}$  – коэффициент перевода в условный эталонный трактор;

$q_{\text{у.э.га}}$  – удельный расход топлива, л/у.э.га.

Расчёты сведем в таблицу 1. Из расчета стоимости дизельного топлива 46,80 руб/л, обрабатываемая площадь 1 га. Разница в расходе топлива в основном приходится на зерноуборочный комбайн, так как соломоизмельчитель использует до 25% мощности двигателя, что отражается и на потреблении топлива.

Таблица 1 – Оценка экономической эффективности использования АдУ НЧУ

| Показатель   | Технология   |  |
|--|--|--|
|  | С использованием АдУ НЧУ   | Рабочий раствор вносится опрыскивателем  |
| состав машинно-тракторного парка                       | 1) Acros 595 Plus<br>2) МТЗ-82+АдУ НЧУ на базе Kverneland fx 230<br>3) К-744+БДП-6х4   | 1) Acros 595 Plus<br>2) МТЗ-82+ОП-3000<br>3) К-744+БДП-6х4   |
| Расчет потребности в топливе (по выражению (1))        | 1) $Q = \frac{1}{30,00} \cdot 7 \cdot 1,85 \cdot 9,48 = 4,09$ л;<br>2) $Q = \frac{1}{24,5} \cdot 7 \cdot 0,73 \cdot 8,7 = 1,81$ л;<br>3) $Q = \frac{1}{26,2} \cdot 7 \cdot 2,7 \cdot 10,07 = 7,26$ л.<br>ИТОГО : 13,16 л | 1) $Q = \frac{1}{24,17} \cdot 7 \cdot 1,85 \cdot 9,48 = 5,08$ л;<br>2) $Q = \frac{1}{47,04} \cdot 7 \cdot 0,73 \cdot 8,7 = 0,945$ л;<br>3) $Q = 1/26,2 \cdot 7 \cdot 2,7 \cdot 10,07 = 7,26$ л.<br>ИТОГО : 13,28 л |
| Затраты денежных средств на приобретение топлива, руб. | 615,89   | 621,50   |

На опытном поле были получены следующие значения урожайности ярового овса по вариантам с использованием АдУ НЧУ и опрыскиватель:

- 1) контроль – 27,70 ц/га / 27,71 ц/а;
- 2) agrinos 1 – 40,60 ц/га / 39,80 ц/га;
- 3) стернифаг СП – 38,28 ц/га / 38,00 ц/га;
- 4) экорост – 29,75 ц/га / 29,99 ц/га;
- 5) биокомплекс БТУ – 33,00 ц/га / 32,70 ц/га.

В таблице 2 представлены стоимость внесения рассматриваемых биопрепаратов на 1 гектар и эффективность по способам внесения и по вариантам по биопрепаратам

Доход от продажи урожая овса с контрольного участка (без использования биопрепаратов-деструкторов составил 30 470,00 руб.)

При использовании АдУ НЧУ усвояемость рабочего раствора достигалась более 90%, однако на варианте с использованием гуминового препарата Экорост наблюдалось снижение эффективности, связанная с частым забиванием распылителей. При использовании опрыскивателя данная проблема наблюдается при использовании биопрепарата Стернифаг СП.

Таким образом, использование биопрепаратов-деструкторов позволяет, в среднем, увеличить эффективность использования соломы в качестве удобрения на 7043,56 руб./га (на 23,12%). А использование АдУ НЧУ позволяет повысить эффективность на 7204,40 руб./га (23,64%), при годовой загрузке в 600 га, то это 96504,00 руб. дополнительного эффекта только от использования данной машины. Наивысшую эффективность продемонстрировали биопрепараты Стернифаг СП и Agrinos 1. Можно с уверенностью сказать, что дальнейшее повышение эффективности использования соломы в качестве удобрения возможно при совершенствовании машин задействованных в данном процессе.

Таблица 2 – Эффективность использования соломы в качестве удобрения в расчёте на 1 гектар, руб.

| Стоимость внесения рассматриваемых биопрепаратов на 1 гектар, руб.     |               |              |               |          |               |                 |               |
|--|---------------|--------------|---------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Agrinos 1  |               | Стернифаг СП |               | Экорост  |               | Биокомплекс БТУ |               |
| АДУ НЧУ  | Опрыскиватель | АДУ НЧУ      | Опрыскиватель | АДУ НЧУ  | Опрыскиватель | АДУ НЧУ         | Опрыскиватель |
| 1779,75  | 1 791,89      | 1 055,89     | 1 065,25      | 663,89   | 669,50        | 1595,89         | 1601,50       |
| Доход от полученного урожая (из расчёта 1 кг зерна – 11,00 руб.), руб. |               |              |               |          |               |                 |               |
| 44660,00   | 43780,00      | 42108,00     | 41800,00      | 32725,00 | 32989,00      | 36300,00        | 35970,00      |
| Эффективность, руб.  |               |              |               |          |               |                 |               |
| 42880,25   | 41988,11      | 41052,11     | 40734,75      | 32061,11 | 32319,50      | 34704,11        | 34368,50      |

### Литература

1. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии/ Г.Е. Мерзлая, Л.М. Державин, А.А. Завалин и др. – М. : ВНИИА, 2012. – 44 с.
2. Имашова, С.Н. Концепция экологизации земледелия в современном мире/ С.Н. Имашова, А.А. Айтемиров, С.А. Теймуров // Известия Дагестанского ГАУ. – 2020. – № 1 (5). – С. 27-31.
3. Богданчиков, И.Ю. Совершенствование технологического процесса подготовки к использованию незерновой части урожая в качестве удобрения : дис. ... канд. техн. наук/ И.Ю. Богданчиков. – Рязань, 2013. – 167 с.
4. Богданчиков, И.Ю. К вопросу об особенностях эксплуатации машинно-тракторных агрегатов для уборки незерновой части урожая на неровной местности/ И.Ю. Богданчиков, А.Ю. Богданчикова // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68 Международной научно-практической конференции 26–27 апреля 2017 года: Часть 2. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 38-42.
5. Results of studying the effects of biological products on accelerating the decomposition of the crop tailings/ I. Yu. Bogdanchikov, N.V. Byshov, A.N. Bachurin, M.A. Esenin, M.A. Tkacheva /// BIO Web Conf. – 17 (2020). – P. 00085.
6. Русакова, И.В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии/ И.В. Русакова. – Владимир : ФГБНУ ВНИИОУ, 2016. – 131 с.
7. Оценка экономической эффективности использования агрегата для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения/ И.Ю. Богданчиков, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин, В.Е. Калякин // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции 21 марта 2019 года. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 21-24.
8. Пат. РФ № 2015149818/13. Прицеп-тележка к зерноуборочному комбайну с измельчителем для отдельного сбора измельчённой соломы и половы/ С.Ф. Вольвак, В.И. Шаповалов. – Оpubл. 10.02.2016; Бюл. № 4. – 6 с.
9. Вольвак, С.Ф. Исследование измельчающих аппаратов незерновой части урожая зерновых культур с шарнирной подвеской ножей на барабане/ С.Ф. Вольвак, В.И. Шаповалов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2015. – № 3 (7). – С. 9-16.
10. Костин, Я.В. Агрехимическое обоснование применения местных удобрений в современных условиях/ Я.В. Костин, А.В. Кобелева // Сб: Современные энерго- и

ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – 2016. – С. 461-464.

11. Эффективность сыромолотых фосфоритов на серых лесных почвах Рязанской области/ Я.В. Костин, Р.Н. Ушаков, Г.Н. Фадькин и др.// Вестник РГАТУ. – 2016. – № 2 (30). – С. 35-40.

12. Савина, О.В. Современные подходы к созданию биологизированной системы защиты растений при выращивании и хранении сельскохозяйственных культур/ О.В.Савина, И.С. Питюрина / Сб.: Преступление, наказание, исправление : Материалы IV Международного пенитенциарного форума. – Рязань : Изд-во Академии ФСИН России, 2019. – С. 204-208.

13. Пути оптимизации плодородности почв, подчиненных исправительным колониям Милославского и Скопинского районов, путем определения и оптимизации их химического состава/ А.А. Полункин, Р.В. Фокин, А.Ю. Кирьянов и др. // Сб.: Фундаментальные основы и прикладные решения актуальных проблем возделывания зерновых бобовых культур : Материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2020. – С. 81-87.

14. Нурғалиев, Л.М. Техника и приемы для рыхления переуплотненных почв/ Л.М. Нурғалиев, Н.Е. Лузгин // Сб.: I Юбилейные чтения Бойко Ф.К. : Материалы Международной научно-технической конференции. Т.2. – Павлодар, 2020. – С. 297-303.

15. Туркин, В.Н. Повышение эффективности современного растениеводства и агрохимии посредством получения и использования биологизированных удобрений и тукосмесей/ В.Н. Туркин // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 91-94.

16. Рычков, В.А. О механизации приготовления тукосмесей и биологизированных минеральных удобрений/ В.А. Рычков, С.С. Васильев, В.Н. Туркин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – Рязань : ГНУ ВНИМС, 2014. – № 6. – С. 27-32.

17. Морозова, Л.А. Цифровые технологии в области земледелия/ Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 274-278.

18. Бышов, Н.В. Пути научного обеспечения развития АПК/ Н.В. Бышов, М.М. Крючков, М.М. Крючков (мл.) // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 4 (8). – С. 3-5.

19. Соколов, А.А. Влияние органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области / А.А. Соколов, Е.И. Лупова, М.А. Мазиров, Д.В. Виноградов // Владимирский земледелец. 2020. № 1 (91). С. 29-33.

20. Романова, Л.В. Проблемы правового регулирования органического сельского хозяйства в РФ/ Л.В. Романова, Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 411-414.

21. Текучев, И.К. Проблемы реализации технологических новаций в животноводстве/ И.К. Текучев, Ю.А. Иванов, Л.П. Кормановский // АПК: Экономика, управление. – 2017. – № 5. – С. 21-29.

22. Иванов, Ю.А. Подготовка кормов к скармливанию – залог успеха в повышении молочной продуктивности коров/ Ю.А. Иванов, В.К. Скоркин // Молочное и мясное скотоводство. – 2015. – № 8. – С. 29-32.

## РЫХЛИТЕЛИ КЛУБНЕНОСНОГО ПЛАСТА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

*С.Н. Борычев<sup>1</sup>, Н.Н. Якутин<sup>1</sup>, А.А. Голахов<sup>1</sup>, Н.В. Симонова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлены новые рабочие органы (рыхлители) картофелеуборочных машин, позволяющие более эффективно разделять компоненты клубненосного пласта. Разработанные устройства устанавливаются на серийные уборочные машины, как отечественного, так и зарубежного производства, что значительно расширяет их функциональные возможности и область применения.

**Ключевые слова:** уборка, копатель, рыхлитель пласта, сепарация.

**Summary.** A number of technical solutions have been developed to improve the efficiency of separation of tuberous formation components. Serial potato harvesting machines, both domestic and foreign, are easily equipped with new working bodies, which significantly expands their functionality and field of application.

**Key words:** potatoes, harvesting, separation, loosener.

Порядка 75% затрат труда и 60% затрат энергии приходится на заключительный технологический процесс производства картофеля – уборку урожая. Для снижения данных показателей необходимо применять современные технологии и уборочные машины, которые отвечают всем агротехническим требованиям, предъявляемым к ним [1, 2].

В зависимости от почвенно-климатических условий выбирают один из трех основных способов уборки картофеля:

- уборка копателями (выкапывание клубней с последующим их подбором с поверхности поля вручную);
- уборка копателями-погрузчиками (в процессе уборки клубни загружаются в кузов транспортного средства);
- уборка комбайнами (в процессе уборки клубни накапливаются в бункере) [6].

На сегодняшний день картофелекопатели занимают лидирующее место среди всех уборочных машин по количеству произведенных единиц. Копатели применяют в основном там, где невозможна уборка комбайнами (средние и тяжелые почвы повышенной влажности). При этом механизированы всего три операции: подкапывание клубненосного пласта, частичное разделение его компонентов и укладка клубней на поверхность поля. Подбор клубней осуществляется вручную.

При работе картофелекопателей в тяжелых условиях (на почвах повышенной влажности), а также при работе на высоких скоростях, достаточно часто имеет место сгуживание клубненосного пласта на лемехах, что приводит к снижению производительности, неравномерной подаче клубненосного пласта на прутковые элеваторы и, как следствие, ухудшению качества очистки клубней картофеля [5].

С целью устранения данных недостатков при работе уборочных машин в тяжелых почвенно-климатических условиях, разработаны различные интенсификаторы сепарации (рыхлители клубненосного пласта) [3, 4, 5, 7, 8].

Новые рабочие органы [9–13] достаточно легко устанавливаются на серийные картофелеуборочные машины, в том числе и зарубежного производства (рисунок 1).

Модернизированная картофелеуборочная машина работает следующим образом.

Подрезаемые лемехами 1 клубненозные гребни, перемещаясь на скоростной прутковый элеватор 2, подвергаются воздействию рыхлителя клубненосного пласта 3, который разрушает почвенную корку, измельчает почвенные комки, захватывает верхнюю

часть клубненосного пласта, сдвигает и равномерно распределяет ее по ширине пруткового элеватора 3.

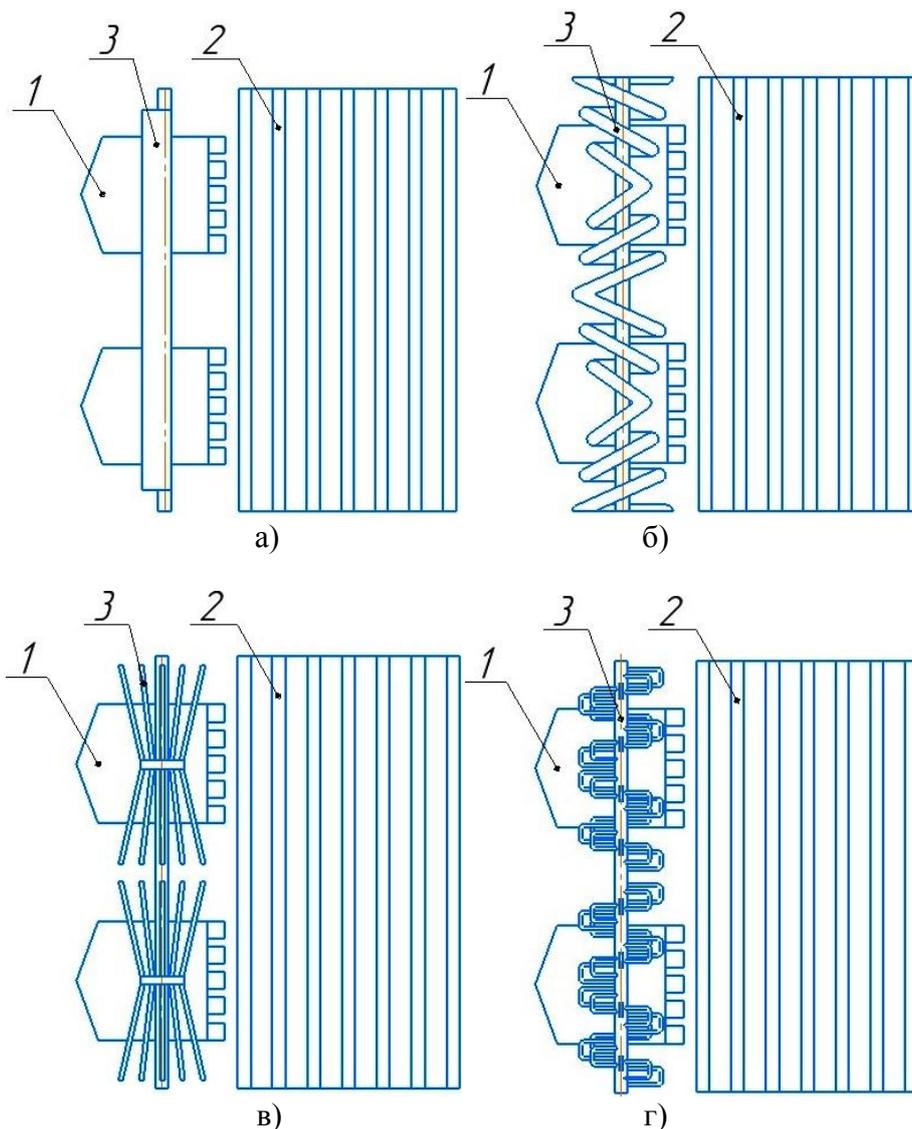


Рисунок 1 – Виды рыхлителей клубненосного пласта:

1 – лемех; 2 – элеватор; 3 – рыхлитель клубненосного пласта; а) – рыхлитель, выполненный в виде эксцентрикового вращающегося вала; б) – рыхлитель, выполненный в виде вращающегося вала, на котором закреплены конические спиральные пружины с противоположной навивкой; в) – рыхлитель, выполненный в виде вращающегося вала, на котором закреплены конические прутковые катки; г) – рыхлитель, выполненный в виде вращающегося вала, на котором закреплены штифты П-образной формы.

Применение в конструкции уборочных машин, разработанных устройств, снижает вероятность скопления клубненосного пласта на лемехах машины и повышает качество очистки клубней картофеля от примесей за счет разрушения почвенной корки и почвенных комков, а также более равномерного распределения клубненосного пласта по ширине пруткового элеватора.

### Литература

1. Бышов, Н.В. Новые рабочие органы копателя КСТ-1,4/ Н.В. Бышов, Н.Н. Якутин // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России :

- Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 50-54.
2. Модернизация картофелекопателя КСТ-1,4/ Н.В. Бышов, Н.Н. Якутин, Р.Ю. Ковешников и др. // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 4-5.
  3. Об интенсификаторах сепарации картофелеуборочных машин/ Н.В. Бышов, Г.К. Рембалович, Н.Н. Якутин и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 106-110.
  4. Условия, задающие поверхность элеватора картофелеуборочных машин/ Н.В. Бышов, Н.Н. Якутин, А.А. Голахов и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 91-96.
  5. Липин, В.Д. Совершенствование подкапывающих рабочих органов картофелекопателя/ В.Д. Липин, Н.Н. Якутин, Т.В. Подлеснова, А.В. Безруков // Сб.: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 166-171.
  6. Уборка картофеля в Рязанской области/ Н.В. Бышов, Н.Н. Якутин, В.Д. Липин и др. // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 220-224.
  7. Якутин, Н.Н. Анализ современных конструктивно-технологических схем сепарирующих органов картофелеуборочных машин/ Н.Н. Якутин, Н.В. Бышов, А.А. Голахов // Сб.: Современные вызова для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2020. – С. 242-246.
  8. Бышов, Н.В. Обзор технологического процесса и усовершенствованного органа просеивной сепарации картофелекопателя КСТ-1,4/ Н.В. Бышов, Н.Н. Якутин, А.А. Рузимуродов // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-й Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2018. – С. 102-107.
  9. Пат. РФ № 132943. Картофелеуборочная машина/ Бышов Н.В. и др. – Оpubл. 10.10.2013; Бюл. № 28.
  10. Пат. РФ № 185124. Картофелекопатель/ Бышов Н.В. и др. – Оpubл. 22.11.2018; Бюл. № 33.
  11. Пат. РФ № 185127. Картофелекопатель/ Бышов Н.В. и др. – Оpubл. 22.11.2018; Бюл. № 33.
  12. Пат. РФ № 195156. Картофелекопатель / Бышов Н.В. и др. – Оpubл. 16.01.2020; Бюл. № 2.
  13. Пат. РФ № 198584. Картофелекопатель / Бышов Н.В. и др. – Оpubл. 17.07.2020; Бюл. № 20.
  14. Повышение эффективности крошения почвы стрелчатой лапой и ее долговечности при формировании геометрии рабочей поверхности армирующей наплавкой: монография/ Стребков С.В., Макаренко А.Н., Бондарев А.В., Слободюк А.П., Борозенцев В.И., Пастухов А.Г. – М., Белгород : ОАО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2015. – 149 с.
  15. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multi-layer front surfacing/ S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // 19th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings. May 20–22 2020. – 2020. – Volume 19. – P. 102-106.
  16. Пат. РФ №14101. Битер к уборочной сельскохозяйственной машине. / Крыгин С.Е., Кочетков В.А., ОрешкинаМ.В., Угланов М.Б., Кузяков О.А.– Оpubл.:17.01.2000.

17. Пат. РФ № 2204234. Устройство для сепарации корнеклубнеплодов/ Крыгин С.Е. – Оpubл.14.05.2001.

18. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна/ И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №1 (49). – С. 262-269.

19. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна/ И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – № 1 (49). – 2018. – С. 262-269.

20. Анализ конструкций прутков сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин/ М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк, Н.С. Жбанов и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 205-211.

УДК 621.311

## **ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРАМИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ (на основе метеопрогностического подхода)**

*А.А. Волчек<sup>1</sup>, А.Н. Мешик<sup>1</sup>, К.О. Мешик<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В этом исследовании описан принцип работы системы отопления на основе краткосрочного метеорологического прогноза. Управление параметрами теплоносителя производится при помощи программного обеспечения. Данный подход позволит снизить затраты топливных энергоресурсов на его подготовку.

**Ключевые слова:** *энергопотребление, метеопрогностическое регулирование, погодозависимое отопление.*

**Summary.** This research describes the principle of operation of the heating system on the basis of short-term weather forecast. The control of the parameters of the coolant is carried out using software. This approach will reduce the cost of fuel energy resources for its preparation.

**Key words:** *energy consumption, weather forecast regulation, weather-dependent heating.*

**Введение.** С ростом численности и нужд населения количество используемых энергоресурсов закономерно увеличивается. Для многих развитых стран со сниженным объемом собственных добываемых природных ресурсов возникает целесообразность рационализации их расхода во всех сферах деятельности человека.

На сегодняшний день актуальность энергосберегающих решений должна закрепляться и быть идентифицируемой на этапе проектирования. Роль внедрения таких решений должна оцениваться исходя из меры полезного эффекта, их экологичности и итогового срока окупаемости.

В Беларуси конечное потребление тепловой энергии без учета потерь в период с 2015 по 2019 годы в среднем составляет 64344,81 ГВт·ч (рисунок 1) [1]. Динамика ежегодного конечного потребления варьируется исходя из количественного и качественного изменения источников использования энергоресурсов и необходимых для этих целей нужд. Совокупность всплесков и падений спроса на энергоносители может определяться исходя из макроэкономических изменений [2].

Таким образом, учитывая стремление всех государств к стабильному улучшению экономических показателей, динамические показатели потребления различных видов

энергоресурсов будут находиться в постоянном изменении. При этом показатели внедрения и эксплуатации энергосберегающих технологий переходят в фазу роста с условием увеличения стоимости использования энергоресурсов и закономерным уменьшением их срока окупаемости. Поэтому, существует необходимость в разработке энергосберегающих решений, которые позволяют в максимальной степени эффективно использовать полезный потенциал энергоносителя.

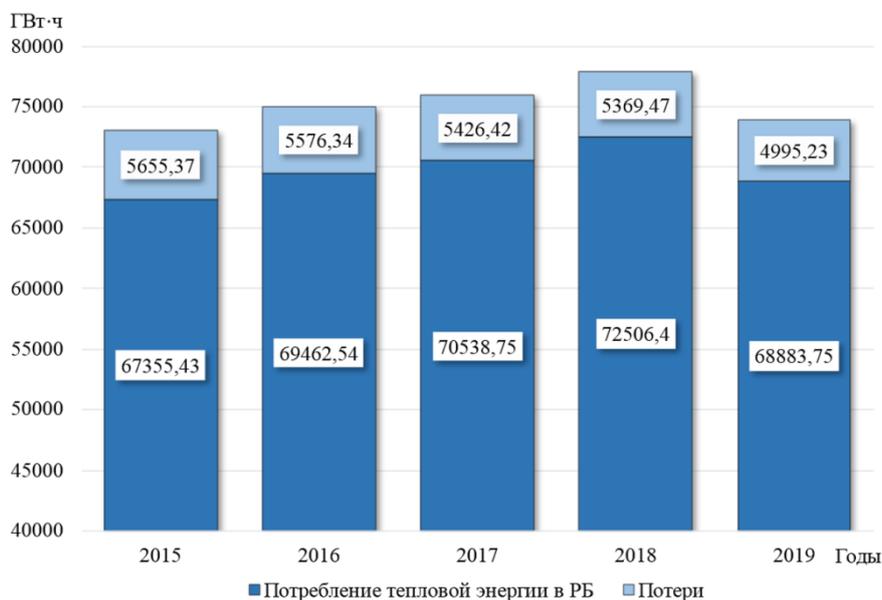


Рисунок 1 – Динамика потребления тепловой энергии

**Современные решения в области автоматизированного управления тепловыми энергоресурсами.** Системы автоматизированного контроля и управления необходимо внедрять только при условии установления экономически-эффективного режима эксплуатации, предполагающего учет затрат на разработку, внедрение и обслуживание. Основным фактором, на основании которого формируется представление о целесообразности применения таких систем, является достаточность снижения общих затрат при использовании тепловой энергии в различных целях.

Одной из наиболее существенных задач в области распределения тепловых энергоресурсов является нагрев помещений до приемлемого микроклиматического состояния, способствующего сохранению привычных режимов протекания деятельности человека вне зависимости от наружного температурного режима. Для повышения эффективности эксплуатации систем отопления помещений в привязке к ее автоматизированному управлению необходимо:

- располагать информацией о микроклиматическом состоянии отапливаемого помещения в режиме реального времени или во временных промежутках, устанавливаемых согласно методике регулирования;
- устанавливать точки регулирования в комплексных узлах, позволяющих обеспечивать эффективную настройку основных элементов системы, оказывающих непосредственное влияние на температуру, давление, скорость движения теплоносителя;
- предусматривать решения по предохранению эксплуатируемого оборудования от изменения заложенных функций с целью исключения возникновения аварийной ситуации.

Система автоматизированного контроля и управления позволяет осуществлять регулирование тепловых параметров теплоносителя в привязке к соотношению текущей температуры воздуха внутри объекта эксплуатации отопительной системы и температуры воздушной среды за пределами ограждающих конструкций данного помещения. Для этих целей предусматривают использование датчиков, которые позволяют оценить [3]:

- состояние микроклимата внутри помещения в результате работы системы отопления, а также оценить динамику его изменения;
- состояние теплоносителя на разных стадиях по мере транспортирования в рамках отопительной системы с целью повышения меры регулирования его параметров до более тонкого уровня;
- состояние воздушной среды за пределами помещения, на основе которого формируется заключение о наиболее эффективных параметрах теплоносителя в рамках использования системой отопления.

Постоянство развития средств автоматизированного контроля и управления способствует количественно-качественному росту критериев регулирования параметров регулирования отопительных систем. Современные системы отопления позволяют самостоятельно устанавливать режимы теплового состояния помещений, что выполняется адаптивно в зависимости от метеорологической ситуации за пределами помещения. На сегодняшний момент существует возможность управления системой на календарной или временной основе, что приводит к минимизации общих затрат. С момента внедрения автоматизированных систем управления, системы отопления получили возможность тонко балансировать между критериями экономичности и комфорта в зависимости от предпочтений теплопотребителя.

Однако регуляция температурного режима в зависимости от прогнозируемых метеоданных на данном этапе работает по принципу использования фактических данных о температурном режиме наружного воздуха, что обеспечивается при использовании внешнего датчика температуры за пределами объекта эксплуатации отопительной системы.

**Метеопрогностическое регулирование параметров теплоносителя отопительной системы.** В рамках улучшения подхода по регулированию параметров теплоносителя на основе прогнозируемых температурных значений в территориальных пределах объекта эксплуатации отопительной системы в качестве входных данных будет использоваться информация о краткосрочном метеорологическом прогнозе, что позволит системе отопления работать в упреждающем режиме, тем самым увеличивая общую экономию топливных энергоресурсов, затрачиваемых на подготовку теплоносителя [3].

В качестве предполагаемого объекта эксплуатации данной отопительной системы было выбрано ОАО «Тепличный комбинат «Берестье» (Беларусь, г. Брест).

Для разработки решения по автоматизированному контролю и управлению системой отопления в рамках метеопрогностического подхода необходимо установить временной интервал обновления температурных данных в запрашиваемом пространстве. Выбранный временной промежуток должен быть обусловлен инерционностью системы отопления, а также графиком изменения температуры, сформированным на основе информации о температурном режиме наружного воздуха в рамках самого холодного месяца отопительного сезона для г. Бреста. В зависимости от интенсивности и глубины изменения температурного режима устанавливается критерий эффективности эксплуатации системы отопления с применением прогностических данных температуры. Общая динамика распределения среднесуточной температуры (см. рисунок 2) показывает актуальность внедряемых решений: минимальная температура  $-9,9^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура  $2,9^{\circ}\text{C}$ , максимальное среднесуточное отклонение  $10,4^{\circ}\text{C}$ .

Так как эффективность работы системы будет напрямую зависеть от точности получаемых прогнозных значений, принято решение использовать трёхчасовой временной интервал обновления температурных данных наружного воздуха. График температурных кривых отображает вариативность колебаний температуры наружного воздуха с 01.01.2019 по 10.01.2019 (рисунок 3). Согласно показателям, представленным в рамках данной температурной кривой, изменчивость среднесуточного температурного режима наружного воздуха за декадный период колеблется от  $0,1^{\circ}\text{C}$  до  $3,6^{\circ}\text{C}$ . При этом в некоторых случаях температурные изменения могут изменяться до  $3,2^{\circ}\text{C}$  за трёхчасовой период. Это показывает

доступность адаптации параметров теплоносителя к новому режиму эксплуатации в рамках выбранного временного цикла. Также данные показатели отображают необходимость учёта климатических трансформаций во временном диапазоне с целью экономии энергоресурсов при подготовке теплоносителя.

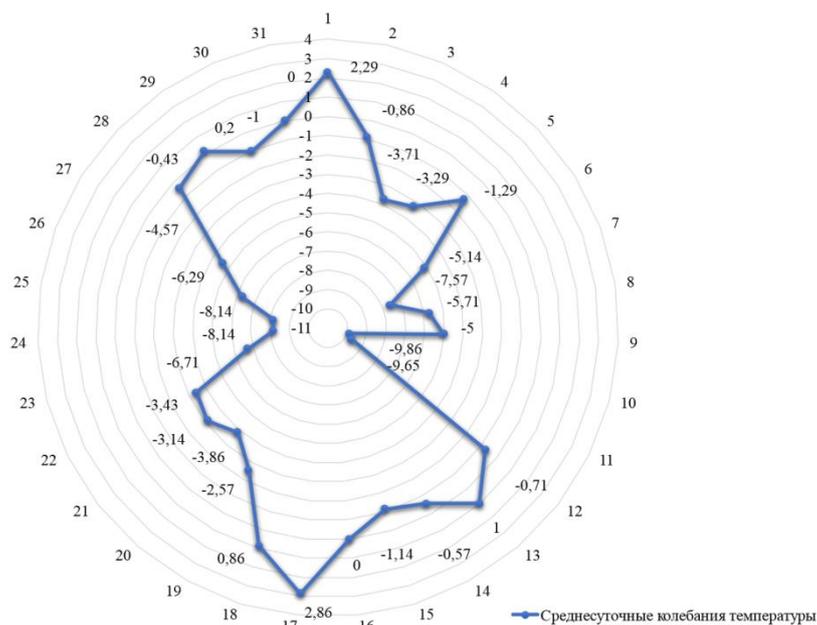


Рисунок 2 – График среднесуточной температуры, °С (г. Брест, Январь 2019)

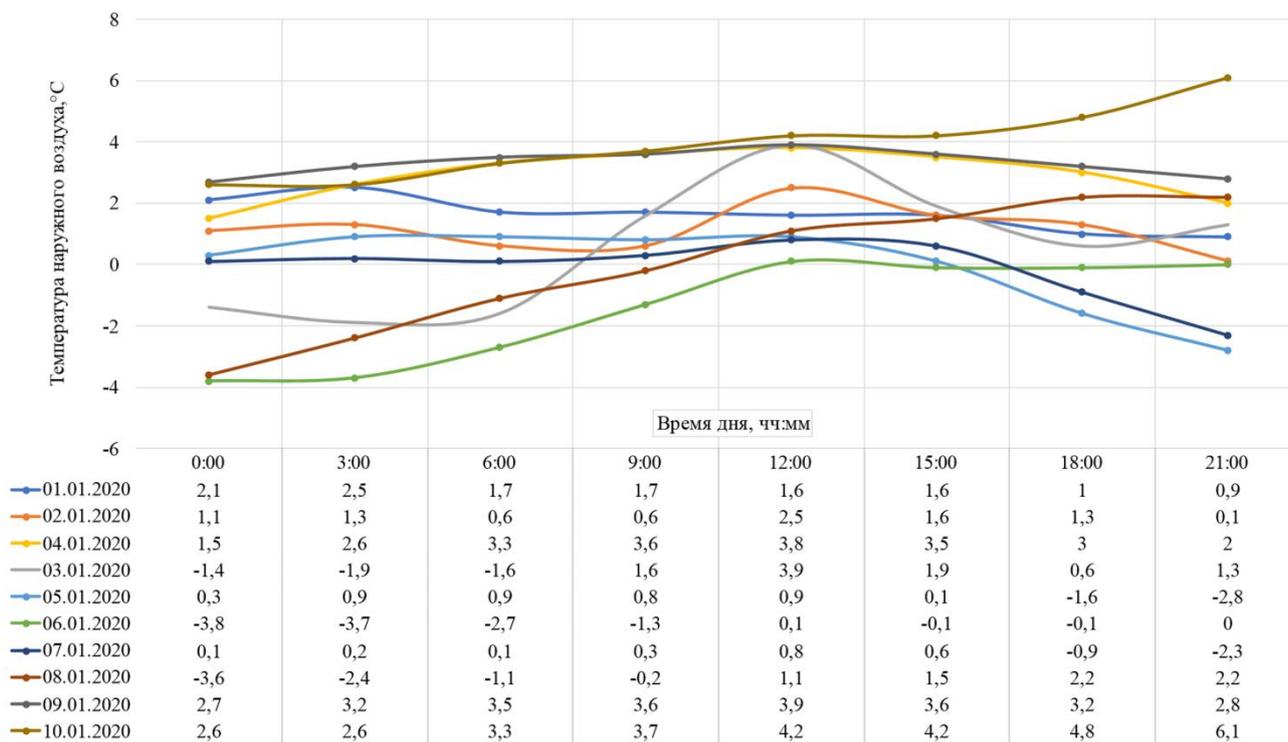


Рисунок 3 – Температурные кривые (Январь 2019, декада)

Таким образом, потенциал использования значений температуры наружного воздуха в зональном представлении достаточно высок. Необходимо осуществить закрепление в пространстве по отношению к конкретному географическому объекту по его координатным значениям.

Зададим координаты крайних точек каждой температурной зоны ОАО «Тепличный комбинат «Берестье» в пределах географического положения г. Бреста (таблица 1). Данные, вносимые в структуру БД, являются константами, которые определяют масштабы зоны обслуживания систем отопления с использованием метеопрогностического подхода (рисунок 4).

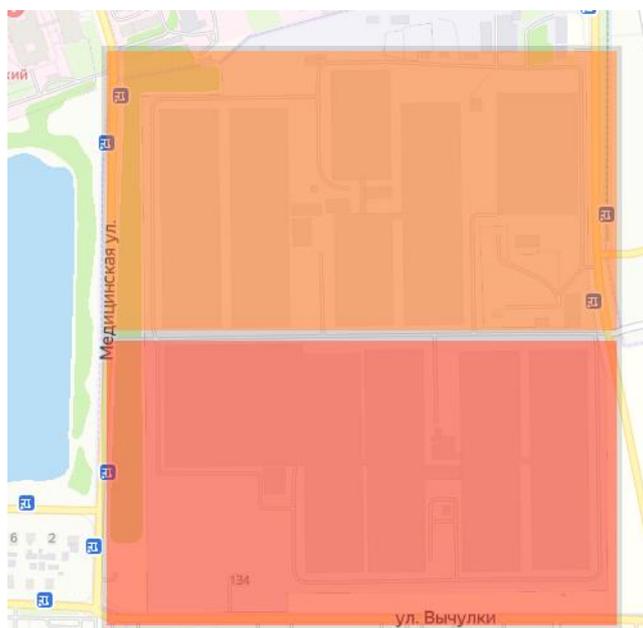


Рисунок 4 – Температурные зоны ОАО «ТК «Берестье»

Таблица 1 – Координаты крайних точек температурных зон

| Зона | Левый низ                  | Правый низ                 | Левый верх                 | Правый верх                |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1    | С.Ш. 52.096<br>З.Д. 23.812 | С.Ш. 52.096<br>З.Д. 23.822 | С.Ш. 52.099<br>З.Д. 23.812 | С.Ш. 52.099<br>З.Д. 23.822 |
| 2    | С.Ш. 52.099<br>З.Д. 23.812 | С.Ш. 52.099<br>З.Д. 23.822 | С.Ш. 52.103<br>З.Д. 23.812 | С.Ш. 52.103<br>З.Д. 23.822 |

В результате было разработано программное обеспечение по эффективному управлению системой отопления ОАО «ТК «Берестье». Результатом работы ПО является установление наиболее эффективных температурных значений теплоносителя на основе данных краткосрочного метеорологического прогноза (рисунок 5).

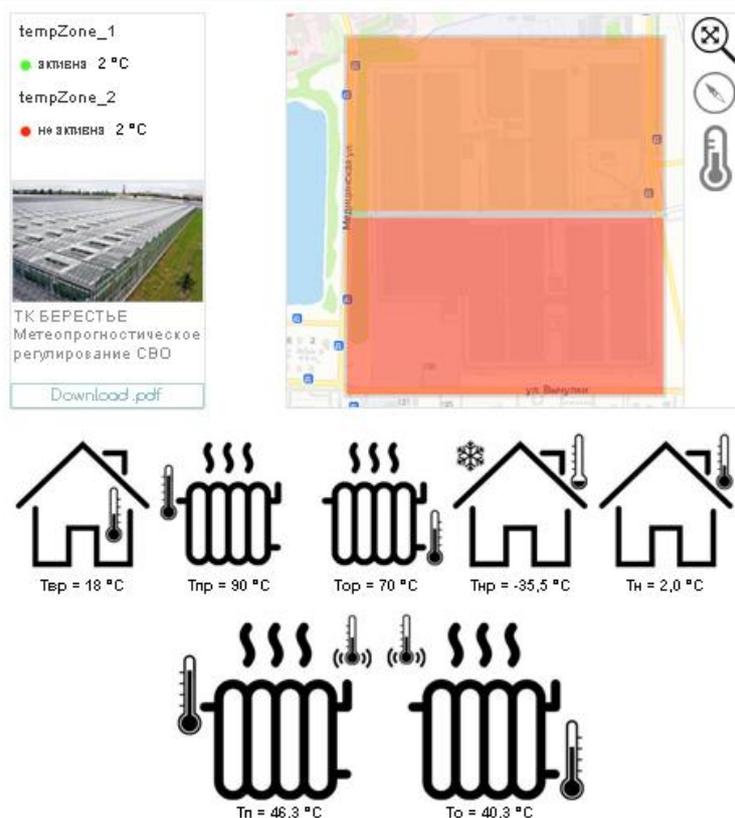


Рисунок 5 – Реализация работы ПО

**Заключение.** Разработано программное обеспечение, которое позволяет в теоретически обоснованном трёхчасовом временном цикле получать данные о температурном режиме наружного воздуха в пределах установленной пространственной области. Реализация метеопрогностического подхода, в основе которого лежит упреждающая организация режимов работы систем отопления в зависимости от прогнозируемых погодных условий, способствует существенной экономии энергоресурсов. При этом эффективность данного метода зависит от степени точности прогнозирования будущих метеоусловий.

### Литература

1. Энергетический баланс Республики Беларусь, 2020/ И.В. Медведева, И.С. Кангро, Ж.Н. Василевская и др. // Статистический сборник. – 2020. – С. 77-78.
2. Григорьев, Л.М. Экономический рост и спрос на энергию/ Л.М. Григорьев, А.А. Курдин // Экономический журнал ВШЭ. – 2013. – № 3. – С. 390-406.
3. Северянин, В.С. Метеопрогностическое регулирование температурного режима помещений автоматизированными системами отопления/ В.С. Северянин, К.О. Мешик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2019. – № 2. – С. 74-77.
4. Костин, Я.В. Агрехимическое обоснование применения местных удобрений в современных условиях/ Я.В. Костин, А.В. Кобелева // Сб: Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – 2016. – С. 461-464.
5. Эффективность сыромолотых фосфоритов на серых лесных почвах Рязанской области/ Я.В.Костин, Р.Н.Ушаков, Г.Н.Фадькин и др.// Вестник РГАТУ. – 2016. – № 2 (30). – С. 35-40.

6. Правкина, С.Д. Агроэкологическое обоснование использования овса для фиторемедиации агрозема торфяно-минерального с внесением осадка сточных вод в качестве удобрения/ С.Д. Правкина, В.И. Левин, Т.В. Хабарова // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 3 (7). – С. 20-23.

7. Моисеев, П.С. Освещение энергоэффективной теплицы для органического земледелия/ П.С. Моисеев, Р.В. Безносок // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции 26-27 апреля 2017 г. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 190-193.

8. Совершенствование конструкции гроубоксов/ А.Ю. Мальгина, И.Н. Мальгин, С.А. Уразов // Сб.: Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 46-48.

9. Овощеводство/ М.С. Пивоварова, А.В. Добродей, О.А. Захарова и др. – Рязань, 2006. – Часть 1. – Том 1. – 175 с.

10. Захарова, О.А. Бинарная лекция по овощеводству как инновационный прием в учебном процессе/ О.А. Захарова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 122-125.

11. Морозова, Л.А. Цифровые технологии в области земледелия/ Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 274-278.

12. Морозова, Л.А. Точное земледелие как фактор цифровизации отрасли растениеводства/ Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 278-283.

13. Использование теплового излучения для обезвоживания и термообработки продуктов растениеводства/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, И.Ю. Тюрин и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 448-452.

14. Утолин, В.В. Определение температуры нагревания сгущенного кукурузного экстракта в нейтрализаторе кислотности/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 207-211.

**УДК 626.8(476)**

## **ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАТИВНОГО ОСВОЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

*А.А. Волчек<sup>1</sup>, О.П. Мешик<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В статье описывается история развития мелиорации земель в Белорусском Полесье. Приведены современные показатели мелиоративных систем. Определяются перспективы развития мелиораций.

**Ключевые слова:** мелиорация, Полесье, осушение, орошение, государственная программа.

**Summary.** The article covers the history of land reclamation in Belarusian Polesie. It also describes features and current state of the melioration system and outlines prospects for its further development.

**Key words:** *land reclamation, Polesie, draining, irrigation, State Program.*

Рост населения в Полесье, развитие социально-экономических и производственных отношений в 16 веке потребовали включения в сельхозоборот новых земельных площадей. Мелиорации при этом стала отводиться ведущая роль в их улучшении. Под патронажем польской королевы Боны в районе Кобрина было проложено несколько мелиоративных каналов (1549–1557 гг.). Самый крупный канал «Бона» сохранился до наших дней и продолжает действовать (длина – 29 км, водосборная площадь – 261 км<sup>2</sup>). В 17 веке продолжили работы по мелиорации земель голландские поселенцы. Они осушали болота для расширения площадей собственных сельхозугодий. В конце 18 века, при короле Станиславе Августе Понятовском начались работы по строительству судоходного канала между бассейнами рек Днепра и Буга. Первоначальная принадлежность канала – сплав леса с Востока на Запад. Однако для обеспечения судоходства, в середине 19 века были построены три водоподводящих канала: Белоозерский, Ореховский и Турский, а также семь деревянных плотин. В настоящее время канал называется «Днепровско-Бугским». В послевоенные годы (1941–1945 гг.) канал был реконструирован, сейчас используется в судоходстве, рекреации и в качестве водоприемника мелиоративных систем. Общая длина Днепровско-Бугской водной системы составляет 196 км, из них на канал приходится 105 км пути. В его составе 12 гидроузлов с судоходными шлюзами, 28 водопропускных плотин, 14 водоспусков, 5 земляных плотин, 3 перепада, 64 км дамб обвалования. Фактически, Днепровско-Бугский канал является связующим между бассейнами Черного и Балтийского морей. Аналогичная роль у Огинского канала, построенного в конце 18 века Слонимским магнатом М. Огинским. Канал имеет длину 47 км, соединяет реки Щара и Ясельда. В настоящее время Огинский канал заилен, не используется по первоначальному назначению, местами зарос древесно-кустарниковой растительностью и является водоприемником прилегающих к нему мелиоративных систем.

Наиболее значимой по масштабу мелиоративных работ в Белорусском Полесье была, проведенная в конце 19 века, Западная экспедиция генерала И.И. Жилинского. Мелиорация земель проводилась согласно Генеральному плану осушения Полесья, который имел серьезное на тот период финансовое и проектное обеспечение. За 1874–1897 гг. экспедицией построено 4367 верст осушительных каналов, 549 мостов и 30 шлюзов, очищено 127 верст заросших русел рек. Многие из построенных в тот период каналов были трассированы настолько удачно, что сохранились до нашего времени под прежними названиями [1].

В первой половине 20 века мелиорация земель Белорусского Полесья осуществлялась низкими темпами, однако уже в 50-е годы с мелиорированного гектара в хозяйствах ежегодно собирали 18–19 центнеров ржи, 20–27 – овса, 200–300 – картофеля, 250–400 – корнеплодов, 400–500 центнеров кукурузы на силос. Наиважнейший исторический этап в развитии мелиорации земель открыл Пленум ЦК КПСС 1966 года. Мелиорация земель была возведена в ранг всенародной общегосударственной задачи, а Полесье отнесено к числу приоритетных и главных водохозяйственных строек СССР. Необходимо отметить, что практически одновременно с крупномасштабными осушительными мероприятиями, в 1971 году началось возведение оросительных систем. Первоначально, для орошения земель использовалась быстроразборная, переносная и передвижная дождевальная техника: «Сигма», «Радуга», «ДДН-70» и др., а в дальнейшем – передвижные широкозахватные устройства: «Волжанка», «Фрегат», «Днепр», «Кубань». Наряду со строительством оросительной сети создавались пруды и водохранилища, насосные станции, гидротехнические сетевые сооружения, дамбы обвалования, дороги, мосты, переезды, линии связи и электропередач. На пике мелиоративного освоения земель продуктивность гектара осушенных сельхозугодий составляла 33–38 центнеров кормовых единиц (цке), в том числе,

продуктивность мелиорированной пашни – 43–53 цке. Общий валовой сбор продукции растениеводства составлял до 45%, в том числе кормов до 60%. В ходе комплексной мелиорации земель Белорусского Полесья создавались хозяйства, где предусматривалась производственная и жилая площадь, транспортная инфраструктура, объекты энергетического хозяйства, общественные и торговые помещения, рекреационные зоны [1].

Отличительной чертой мелиоративных водохозяйственных мероприятий, осуществляемых в Белорусском Полесье, является комплексность освоения земель. Проекты гидромелиоративных систем разработаны согласно комплексной схеме использования водных, земельных и лесных ресурсов с учетом обеспечения потребностей субъектов экономики и планов социально-экономического развития региона. Данная схема предусматривала: устройство гидромелиоративных систем двустороннего действия; регулирование стока прудами и водохранилищами; обводнение и увлажнение осушаемых земель; строительство рыбхозов; природоохранные, противопожарные и противоэрозионные мероприятия; благоустройство территории, включая хозяйственное, жилищное, дорожное, энергетическое и водное, также трансформацию угодий с учетом ввода новых земель и специализации землепользователей. Комплексность мероприятий можно увидеть на примере мелиорации водосбора р. Ясельда. Выше г. Береза русло р. Ясельда отрегулировано на всем протяжении и характеризуется достаточно высокой пропускной способностью, на прилегающих землях построены осушительно-увлажнительные системы. Эталонным объектом мелиоративного освоения этой части бассейна р. Ясельда, можно считать объект «Верховье Ясельды» (рисунок 1) [2, 3].

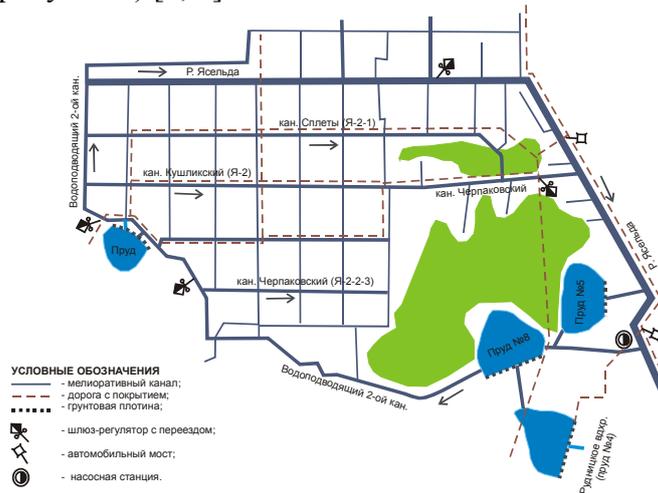


Рисунок 1 – Схема мелиоративной системы (объект «Верховье Ясельды»)

Равнинный характер ландшафтов Белорусского Полесья, высокое плодородие пойменных почв, предопределил развитие польдерных мелиоративных систем, построенных только на территории Брестской области, на площади 227,8 тыс. га. Пример объекта «Верховье Ясельды», как и мелиорация всего Белорусского Полесья, достаточно позитивны. В последние годы здесь имеет место адекватная финансированию эксплуатация мелиоративных систем. В то же время мы можем видеть разноплановую трансформацию мелиорированного земельного фонда в виду различных причин. Например, ранее осушенные и в последствии орошаемые и эффективно используемые земли в совхозе «Брестский» Брестского района переданы под жилищное строительство (объект «Ямно»). На рисунке 2 приведена схема мелиоративной системы «Ямно». На осушенном закрытом гончарным дренажем участке в 1973 году была построена оросительная система на площади 110 га, а в 1987 году проведена реконструкция, позволившая увеличить площадь орошения до 157 га. Мелиорируемые земли использовались в качестве овощного севооборота и пастбища и позволяли обеспечивать высокорентабельное производство сельхозпродукции. С распадом СССР и, как следствие этому, резким сокращением финансирования дорогостоящих

эксплуатационных оросительных мероприятий, дождевальная техника была постепенно разукрупнена, насосные станции законсервированы. Некоторое время мелиоративная система работала в осушительном режиме, однако в настоящее время на ее месте построен элитный коттеджный поселок.

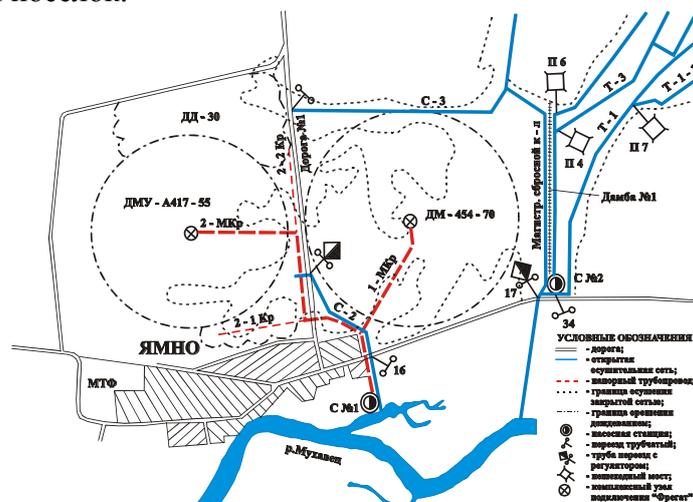


Рисунок 2 – Схема мелиоративной системы «Ямно» в совхозе «Брестский» Брестского района

В таблице 1 представлены данные, характеризующие мелиоративное освоение земель по состоянию на 01.01.2018 в разрезе административных районов Брестской области.

В Брестской области осушено около 23% всей территории и около 48% сельхозземель, что является одним из лучших показателей в республике. К настоящему времени первоочередной мелиоративный фонд освоен более чем на 80%. Наиболее мелиорированными являются Ивановский (35% от общей площади района), Кобринский (35%), Жабинковский (34%) и Дрогичинский (32%) районы. Наименьшие площади мелиорации в Барановичском (8%) и Каменецком (14%) районах. В Брестской области 387,2 тыс. га земель осушено закрытой регулирующей сетью, что составляет около 50% всей мелиорированной площади. Гончарный дренаж постепенно вытесняется пластмассовым, который применяется на объектах реконструкции и его доля уже достигла 5%.

Двустороннее регулирование почвенных влагозапасов проводится на площади 283,2 тыс.га, около 37% мелиорированных угодий. Однако доля гарантированного увлажнения достаточно низкая. Преобладает предупредительное шлюзование. Фактически, на большей части осушительно-увлажнительных систем в результате неудовлетворительного состояния регулирующих сооружений (19% от суммарного количества) невозможно проводить даже предупредительное увлажнение путем шлюзования открытой сети.

Таблица 1 – Наличие мелиорированных земель по районам Брестской области на 01.01.2018, тыс. га (по данным ГО «Брестмелиоводхоз»)

| Район         | Общая площадь осушенных земель | из них дренажем | Двустороннее регулирование водного режима | Осушено сельхозземель | Площадь орошаемых земель |
|---------------|--------------------------------|-----------------|---|-----------------------|--------------------------|
| Барановичский | 18,4                           | 8,8             | 2,5                                       | 17,4                  | 0,7                      |
| Березовский   | 37,9                           | 28,3            | 16,4                                      | 36,6                  | 0,03                     |
| Брестский     | 27,0                           | 19,7            | 7,0                                       | 24,3                  | 0,6                      |
| Ганцевичский  | 39,8                           | 21,8            | 20,9                                      | 35,7                  | 0,01                     |
| Дрогичинский  | 59,2                           | 35,8            | 16,9                                      | 56,0                  | 0,4                      |
| Жабинковский  | 23,1                           | 21,1            | 7,3                                       | 21,7                  | -                        |
| Ивановский    | 55,3                           | 36,4            | 19,9                                      | 50,9                  | 0,8                      |
| Ивацевичский  | 54,2                           | 23,7            | 20,7                                      | 51,2                  | -                        |

*Продолжение таблицы 1*

|                   |       |       |       |       |     |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Каменецкий        | 22,7  | 14,3  | 4,9   | 21,6  | 1,4 |
| Кобринский        | 70,0  | 37,9  | 22,2  | 66,0  | -   |
| Лунинецкий        | 76,0  | 28,3  | 31,1  | 64,8  | -   |
| Ляховичский       | 24,6  | 16,2  | 7,2   | 22,0  | -   |
| Малоритский       | 41,8  | 19,7  | 18,2  | 39,3  | -   |
| Пинский           | 94,6  | 28,4  | 40,9  | 87,5  | 0,1 |
| Пружанский        | 50,0  | 17,9  | 20,0  | 47,4  | 0,3 |
| Столинский        | 63,8  | 24,7  | 27,0  | 58,9  | -   |
| Всего по области: | 758,4 | 387,2 | 283,2 | 704,0 | 4,4 |

На площади 40,4 тыс. га эксплуатируются водооборотные мелиоративные системы, на площади 227,8 тыс. га осуществляется машинный водоподъем. Польдерные мелиоративные системы занимают значительные площади, что является отличительной чертой мелиорации в Брестской области от других регионов. Зимние (незатапливаемые) польдеры занимают площадь 208,0 тыс. га.

Площади орошаемых дождеванием земель за последние десятилетия существенно снизились и составляют 4,4 тыс. га, что менее 1% от всей площади мелиорации. Основной причиной уменьшения орошаемых площадей является высокие эксплуатационные затраты, не покрываемые выделяемым из республиканского и местных бюджетов финансированием, и как следствие, выход из строя оросительного оборудования, истечение сроков его амортизации, неудовлетворительное состояние водозаборных сооружений, насосно-силового оборудования и др. Проведенные воднобалансовые расчеты по реальным данным показывают, что климатические условия Беларуси резко увеличивают потребности в орошении земель, однако в обозримом будущем это не может быть реализовано по финансовым соображениям. В настоящее время территория Белорусского Полесья испытывает череду засух, в течение пяти последних лет подряд, что существенно снижает продуктивность мелиорируемых угодий.

Протяженность осушительной сети в Брестской области составляет 164,2 тыс. км, в том числе на открытые каналы приходится 41,3 тыс. км. В области построены 2,8 тыс. км дамб обвалования, 6,1 тыс. км эксплуатационных дорог, 2,1 тыс. км полезащитных лесополос, 291 насосная станция, 364 шлюза-регулятора, 7662 трубы-регулятора, 794 моста, 13304 трубы-переезда, 2411 пешеходных мостов, 7670 колодцев на закрытой коллекторно-дренажной сети, 83909 дренажных устьев, 728 колодцев для наблюдения за уровнями грунтовых вод [4].

Мелиорация земель в Беларуси ранее осуществлялась в соответствии с пятилетними Государственными программами сохранения и использования мелиорированных земель, в настоящее время – в соответствии с Подпрограммой 8 Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. и отвечает ее основной цели – повышению продуктивности мелиорированных земель за счет проведения мелиоративных мероприятий и осушения высокоплодородных земель. Для достижения этой цели решались задачи по обеспечению оптимального водно-воздушного режима на мелиорируемых землях путем научно обоснованных и финансово обеспеченных эксплуатационных мероприятий. В соответствии с основными направлениями развития мелиорации земель в настоящее время проводится реконструкция технически устаревших мелиоративных систем или их отдельных сооружений, восстановление неработающих систем, проведение работ по эксплуатации ранее построенных гидромелиоративных систем.

В общем, государственное регулирование в мелиоративной отрасли предполагает реализацию агро-мелиоративных мероприятий на осушенных землях, реконструкцию и восстановление гидромелиоративных систем различных типов, введение

в сельхозиспользование высокоплодородных земель и земель на ранее законсервированных объектах мелиорации в запланированных Государственной программой объемах, реконструкцию и восстановление основных сооружений мелиоративных и водохозяйственных систем, очистку от древесно-кустарниковой растительности осушенных сельскохозяйственных земель, мелиоративных каналов на осушенных сельскохозяйственных землях, землях лесного фонда и разрабатываемых торфяных месторождений, проведение ремонтно-эксплуатационных работ и ведение государственного учета мелиоративных и водохозяйственных систем и др.

Несмотря на имеющиеся сложности, неизбежное старение мелиоративных систем и сооружений, снижение темпов мелиоративного освоения, государством целенаправленно реализуется политика по восстановлению неработающих систем, проведению работ по обеспечению нормативной устойчивости линейных и сетевых сооружений. Техническая эксплуатация, проекты реконструкции и их реализация в настоящее время – практически единственное адекватное средство функционирования мелиоративного и водохозяйственного комплекса Беларуси. Нового строительства мелиоративных систем, как на территории Белорусского Полесья, так и на территории Беларуси, практически нет.

Мелиораторы гордятся своей историей, с оптимизмом смотрят в будущее, передают опыт молодому поколению. В частности, на базе ПМК-19 г. Жабинка в 2014 году создан уникальный по своей сути, не имеющий аналогов на постсоветском пространстве и территории Европы, историко-экспозиционный комплекс, где представлена экспозиция из более 150 видов мелиоративно-строительной техники и музейные экспонаты, характеризующие вехи развития мелиорации в Белорусском Полесье [5]. Двери комплекса всегда открыты для посетителей, здесь также функционирует филиал кафедры «Природообустройство» Брестского государственного технического университета и осуществляется подготовка инженеров-мелиораторов. Специальность «Мелиорация и водное хозяйство» в Республике Беларусь признана остродефицитной. Однако, к сожалению, не пользуется достаточным спросом у абитуриентов. Только высокая квалификация профессорско-преподавательского состава, энтузиазм и самоотдача способны обеспечить высокое качество подготовки специалистов.

## Литература

1. Лукашик, П.И. История мелиорации земель Брестчины/ П.И. Лукашик. – Брест : Облтипография, 1998. – 180 с.
2. Волчек, А.А. Особенности мелиоративного освоения бассейна реки Ясельда/ А.А. Волчек, О.П. Мешик, Ю.А. Мажайский // Сб.: Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения : Материалы Международной научно-практической конференции. – М. : Изд. ВНИИГиМ, 2020. – Т. 2. – С. 11-18. – Режим доступа: <https://doi.org/10.37738/VNIIGiM.2020.73.18.003>.
3. Природообустройство Полесья : Монография: в 4 книгах/ Ю.А. Мажайский, А.Н. Рокочинский, А.А. Волчек, О.П. Мешик, Е. Езнах. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. – Кн. 1: Белорусское Полесье. – Т. 2: Преобразование и использование природных ресурсов. – 503 с.
4. Климович, Н.А. Мелиорация земель в Брестской области: состояние, проблемы, перспективы/ Н.А. Климович, О.П. Мешик // Сб.: Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : Материалы Международной научно-практической конференции (Брест, 6–8 апр. 2016 г.): в 2-х частях. – Брест, 2016. – Ч. I. – С. 42–48.
5. Мешик, О.П. Мелиорация земель как фактор сохранения историко-культурного наследия Полесского региона/ О.П. Мешик // Сб.: Реставрация историко-культурных объектов в Брестской области как сохранение культурного наследия Республики Беларусь :

Материалы научно-технического семинара (УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, 25 сентября 2019 г.). – Брест : Издательство БрГТУ, 2019. – С. 48–50.

6. Нургалиев, Л.М. Виды чизелевания почвы и требования, предъявляемые к ним/ Л.М. Нургалиев., Н.Е. Лузгин // Сб.: I Юбилейные чтения Бойко Ф.К. : Материалы Международной научно-технической конференции: в 2 томах. – Т. 2. – Павлодар, 2020. – С. 291-296.

7. Нургалиев, Л.М. Техника и приемы для рыхления переуплотненных почв/ Л.М. Нургалиев, Н.Е. Лузгин // Сб.: I Юбилейные чтения Бойко Ф.К. : Международной научно-технической конференции: в 2 томах. – Т. 2. – Павлодар, 2020. – С. 297-303.

8. Курчевский, С.М. Изменение основных свойств дерново-оподзолистой супесчаной почвы под действием органоминеральных удобрений и бактериального препарата «Байкал ЭМ-1»// С.М. Курчевский, Д.В. Виноградов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 113-116.

9. Курчевский, С.М. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв/ С.М. Курчевский, Д.В. Виноградов, А.В. Щур // Вестник РГАТУ. – 2015. – № 1 (25). – С. 27-31.

10. Захарова, О.А. Современное состояние мелиоративного объекта Тинки-II на территории Рязанской Мещеры/ О.А. Захарова // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 48-52.

11. Туркин, В.Н. Эколого-технологические аспекты выбора систем водоотведения и канализации для предприятий/ В.Н. Туркин, Д.О. Коротаев // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 126-129.

12. Туркин, В.Н. Современные перспективы использования преобразователей частоты в системах водоснабжения/ В.Н. Туркин, Г.Р. Ипатьева, Е.В. Росликова, К.В. Юшкина // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 344-350.

13. Состояние осушительных систем рязанской области на примере межхозяйственной мелиоративной системы «Прогресс» Щацкого района/ А.В. Кузин, С.А. Морозов, С.Н. Афиногенова и др. // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 247-254.

УДК 631.363.258/638.178

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ ПЧЕЛИНОЙ ОБНОЖКИ В ВИДЕ ПЕРГИ

*К.Е. Гобелев<sup>1</sup>, П.Э. Бочков<sup>1</sup>, А.А. Королев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Перга, благодаря своему богатому биохимическому составу широко применяется в апитерапевтической практике при лечении ряда заболеваний. Из-за отсутствия высокоэффективной механизированной технологии извлечения перги из сот, получать этот продукт в необходимом количестве не получается. Поэтому основной целью исследования является определение численных характеристик прочностных свойств гранул перги и их зависимости от влажности и температуры для обоснования возможных технологических операций, которые позволяют извлекать пергу из сот, а также режимов, наиболее благоприятных для их осуществления.

**Ключевые слова:** *перговые гранулы, измельчение, восковая оболочка, влажность.*

**Summary.** Perga, due to rich biochemical composition, is widely used in apitherapeutic practice in the treatment of a number of diseases. Due to the lack of a highly efficient mechanized technology for extracting perga from honeycombs, it is not possible to obtain this product in the required amount. Therefore, the main objective of the study is to determine the numerical characteristics of the strength properties of the perga granules and their dependence on humidity and temperature to justify possible technological operations that allow the perga to be extracted from the honeycombs, as well as the modes most favorable for their implementation.

**Key words:** *purgative granules, crushing, waxy shell, moisture.*

Одной из основных операций в технологии извлечения перги является измельчение перговых сотов.

На практике до настоящего времени для выполнения этой операции не создано специального измельчителя. Поэтому в процессе измельчения перговых сотов существующими устройствами большой процент перги переизмельчается, превращаясь в крошку, которая при пневмосепарировании уносится вместе с восковыми частицами [1, 2, 3, 4]. Не решается также проблема разрушения восковой оболочки на перговых гранулах, которая по отношению к перге является примесью. Поэтому существует необходимость в разработке принципиально нового измельчителя, обеспечивающего максимальный выход целых гранул перги с разрушенной восковой оболочкой. Причем процесс переработки перговых сотов должен осуществляться с минимальными энергозатратами [5, 6, 7, 8, 9].

Для решения этой задачи нами была предложена принципиально новая конструкция измельчителя, представляющая собой вертикальную цилиндрическую камеру, внутри которой установлен вал, снабженный поярусно закрепленными на нем штифтами. В нижней части камеры расположен ситовой механизм с расширенными функциональными возможностями. Он способен разрушать восковые оболочки на гранулах перги за счет сжатия их в радиальном направлении.

В процессе поисковых опытов было установлено, что при работе измельчителя гранулы перги могут подвергаться некоторой деформации без их разрушения [10, 11, 12].

Для обоснования параметров такого измельчителя нами были проведены исследования некоторых физико-механических свойств перги. В частности, была определена прочность перговых гранул на сжатие в поперечном направлении и ее зависимость от влажности.

Перга подвергалась испытанию на специально изготовленном для этой цели приборе, позволяющем одновременно регистрировать деформацию материала и создаваемое при этом давление [13, 14, 15].

Испытанию подвергались гранулы перги при шести различных значениях относительной влажности в диапазоне от 6% до 35%. Влажность каждой группы перговых гранул определялась в соответствии с ТУ 10 РСФСР 505-89. При проведении испытаний на прочность гранула перги закреплялась в приборе, где под действием силы  $P$  подвергалась деформированию на величину 5 и 10%.

В результате проведенных испытаний была выявлена зависимость прочности перги на сжатии от влажности, представленная на рисунке 1.

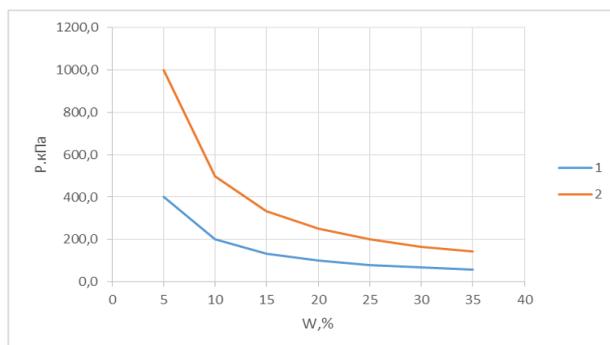


Рисунок 1 – Графическая зависимость прочности перговых гранул от влажности:  
1 – при 5% деформации; 2 – при 10% деформации.

Характер зависимости показывает, что при увеличении влажности более 15% происходит резкое снижение прочности, а при снижении влажности менее 14% резкое ее увеличение. При этом было замечено, что в заданном диапазоне влажности перги при деформации 5-10% не происходит разрушения гранул.

Из выявленной нами зависимости следует, что с позиции минимизации энергозатрат, извлечение перги, с использованием предлагаемой нами конструкции измельчителя, следует проводить при влажности гранул в пределах 14–15%. Так как при влажности менее 14% резко увеличиваются прочностные свойства перговых гранул, а при влажности более 15%, как показали исследования, проведенные нами ранее (1, 2), резко увеличивается показатель липкости перги, что делает переработку перговых сотов невозможной.

## Литература

1. Бышов, Д.Н. Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (125). – С. 115-121.
2. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Образование, наука, практика: инновационный аспект : Материалы Международной научно-практической конференции. Том II – Пенза : Изд-во РИО ПГСХА, 2015. – С. 280-282.
3. Бышов, Д.Н. Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 1 (33). – С. 69-74.
4. Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2016. – С. 463-465.
5. Бышов, Д.Н. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ, 2016. – С. 35.
6. Бышов, Д.Н. К вопросу механизированной очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Аграрная наука в инновационном развитии АПК : Материалы Международного молодежного аграрного форума. – Мичуринск, 2018. – С. 49-55.
7. Бышов, Д.Н. К вопросу механизации очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Орел, 2017. – С. 45-48.
8. Пат. РФ № 2656968 А01К 51/00. Способ очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов. – Опубл. 07.06.2018; Бюл. № 16.

9. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Н. Бышов и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (135). – С. 115-122.

10. К вопросу обоснования рациональных условий очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д.Е. Каширин, И.А. Успенский, В.В. Павлов и др. // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 1 (45). – С. 87-91.

11. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: вероятностная модель процесса измельчения пчелиных сотов/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.А. Петухов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3 (144). – С. 141-147.

12. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 2 (143). – С. 150-156.

13. К вопросу очистки воскового сырья: лабораторное исследование процесса диспергирования органических загрязнений/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 3 (47). – С. 79-83.

14. К вопросу очистки воскового сырья: модель процесса диспергирования органических загрязнений/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 3 (47). – С. 84-89.

15. Пат. РФ 2708918 С1. Установка для очистки воскового сырья / Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В., Петухов А.А. – Опубл. 13.12.2019; Бюл. № 35.

УДК 631.363.258/638.178

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЕРГИ ИЗ ПЧЕЛИНЫХ СОТОВ

*К.Е. Гобелев<sup>1</sup>, П.Э. Бочков<sup>1</sup>*

*ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань*

**Аннотация:** Пчелиная перга является вторым по значимости продуктом пчеловодства после меда и с каждым годом становится все более популярным. До недавнего времени основная его часть терялась в процессе переплавки воскового сырья. И очень малая часть пчеловодов извлекают его с помощью острых предметов (отвертка, шило), что очень трудоемко. В то же время перга, извлеченная таким образом, крошится и рассыпается. Лишь небольшая часть перги была собрана пчеловодами в виде сотовых срезов и заполнена медом для обеспечения условий хранения.

**Ключевые слова:** Перга, сушка, скарификация, восковое сырье.

**Summary.** Bee feather is the second most important beekeeping product after honey and is becoming more popular every year. Until recently, most of it was lost in the process of melting wax raw materials. And a very small part of beekeepers remove it using sharp objects (screwdriver, awl), which is very laborious. At the same time, the feather thus extracted crumbles and crumbles. Only a small part of the feather was collected by beekeepers in the form of cellular sections and filled with honey to provide storage conditions.

**Key words:** parchment, drying, scarification, wax raw materials.

Одним из важнейших продуктов пчеловодства является перга. Этот уникальный по набору и сбалансированности компонентов продукт с каждым годом находит все более широкое применение в медицинской, пищевой, парфюмерной и витаминной промышленности. Перга совершенно необходима для развития пчелиного организма [1, 2].

Доказано, что в благоприятных условиях отбор от одной пчелиной семьи 3...4 перговых сотов за сезон не снижает медовой продуктивности пчел.

Однако в настоящее время объем заготовки перги крайне мал. Поэтому для полного удовлетворения потребностей человека в этом продукте, а также для гарантированного обеспечения пчелиных семей белковыми подкормками на основе перги заготовку ее надо многократно увеличить [3, 4, 5, 6].

Решение поставленной задачи возможно только посредством использования промышленной технологии.

Существующие до настоящего времени способы заготовки перговых сотов с целью получения перги предназначены для получения ее в небольших объемах.

Наиболее перспективной и пригодной для промышленного использования является механизированная технология, разработанная сотрудниками РГАТУ [7, 8].

Технология заключается в последовательном выполнении следующих операций [9, 10, 11, 12, 13, 14]:

- осушение сотов от меда при их заготовке;
- при необходимости скарификация для ускорения процесса сушки;
- сушка перговых сотов до необходимой влажности;
- охлаждение с целью придания восковой основе хрупких свойств;
- измельчение перговых сотов с одновременным разрушением восковой оболочки на перговых коконах;
- разделение измельченной массы на пергу и восковое сырье.

Все операции технологического процесса механизированы. Как показали исследования, особенно энергоемкими операциями являются сушка и измельчение перговых сотов.

В настоящее время в РГАТУ исследованы различные методы сушки перговых сотов: сушка естественным способом, конвективная сушка нагретым воздухом и сушка под вакуумом [15]. Установлено, что температура нагрева перговых сотов не должна превышать 40–42°C, а пергу необходимо высушивать до влажности 14–15%. Определено, что лучшим режимом сушки является осциллирующий, то есть с чередующейся подачей агента сушки и атмосферного воздуха в сушильную зону, так как в этом случае температура теплоагента может достигать 58–60°C, что препятствует развитию восковой моли. Интенсивность сушки в результате применения такого режима значительно возрастает.

Исследования процесса сушки показывают, что предварительная скарификация «процарапывание» поверхности сотов позволяет, значительно сократить продолжительность, а, следовательно, и энергоемкость этой операции.

Для определения зависимости продолжительности сушки перги в сотах от скорости сушильного агента применялся сушильный агент с постоянной температурой равной 40°C, скорость же его варьировала в диапазоне от 0,6 до 3,0 м/с. По полученным значениям продолжительности сушки выраженной в часах ( $\tau$ ) была построена эмпирическая зависимость:

$$\tau = 32,9733 + 0,526T - 9,25V - 0,0084T^2 + 1,78V^2 \quad (1)$$

где:  $T$  – температура горячего воздуха, 0С.

$V$  – скорость воздушного потока м/с.

Из представленной зависимости видно, что влияние скорости сушильного агента на процесс сушки наиболее существенно проявляется до значения 1,8 – 2,0 м/с. Дальнейшее увеличение скорости сушильного агента практически не отражается на скорости сушки перги в сотах.

При исследовании влияния температуры сушильного агента на скорость сушки перги в сотах устанавливалась постоянная скорость сушильного агента равная 1,8 м/с.

На основании результатов исследования можно сделать следующий вывод:

На физические явления протекающие во время конвективной сушки перги в прямоточном режиме наибольшее значимое влияние оказывает температура нагретого воздуха, величина которой не должна превышать 40–45°C. В связи с тем что температура

воздуха влияет на температуру перги а для перги, максимально допустимое значение температуры 40°C.

Дальнейшую переработку сотов производят после их охлажденная до температуры от 0 до +5°C.

Существующие средства измельчения не обеспечивают разрушение восковой оболочки на перговых коконах, которая по отношению к перге является примесью. Для выполнения этой операции нами предложен измельчитель, конструкция которого защищена патентом Российской Федерации. Она содержит штифтовый измельчающий аппарат и ситовой механизм, состоящий из набора подвижных и неподвижных сит, позволяющей разрушать восковую оболочку на коконах перги.

С целью обоснования конструктивно технологических параметров такого устройства проведены исследования, в результате которых установлено, что пергу можно получать в виде целых перговых гранул, освобожденных от восковой оболочки. Технология должна включать измельчение кусков перговых сотов, разрушаемых под ударным воздействием штифтов, а освобождение от восковой оболочки получаемых в результате этого перговых коконов под действием сжатия их в радиальном направлении в каналах ситового механизма с расширенными функциональными возможностями.

В соответствии с результатами проведенного теоретического исследования был изготовлен опытно-производственный образец измельчителя, успешно прошедший производственные испытания.

Разделение измельченной массы перговых сотов на пергу и восковое сырьё осуществляется путём пневмосепарирования при скорости воздушного потока около 7,5 м/с. При этом обеспечивается выход 96-97% перги с содержанием восковых частиц не более 2-3%.

Предложенная технология позволяет практически без затрат ручного труда извлекать пергу из пчелиных сотов.

## Литература

1. Бышов, Д.Н. К вопросу механизированной очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Аграрная наука в инновационном развитии АПК : Материалы Международного молодежного аграрного форума. – Мичуринск, 2018. – С. 49-55.
2. Бышов, Д.Н. К вопросу механизации очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Орел, 2017. – С. 45-48.
3. Бышов, Д.Н. Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (125). – С. 115-121.
4. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании / Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В. // Вестник КрасГАУ. 2019. № 2 (143). С. 150-156.
5. К вопросу очистки воскового сырья: лабораторное исследование процесса диспергирования органических загрязнений/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 3 (47). – С. 79-83.
6. К вопросу очистки воскового сырья: модель процесса диспергирования органических загрязнений/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 3 (47). – С. 84-89.
7. Пат. РФ RU 2708918 С1. Установка для очистки воскового сырья / Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В., Петухов А.А. – Оpubл. 13.12.2019; Бюл. № 35.

8. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Образование, наука, практика: инновационный аспект : Материалы Международной научно-практической конференции. Том II. – Пенза : Изд-во РИО ПГСХА, 2015. – С. 280-282.

9. Пат. РФ № 2656968 А01К 51/00. Способ очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов. – Опубл. 07.06.2018; Бюл. № 16.

10. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Н. Бышов и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (135). – С. 115-122.

11. К вопросу обоснования рациональных условий очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Е. Каширин, И.А. Успенский, В.В. Павлов и др. // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 1 (45). – С. 87-91.

12. Бышов, Д.Н. Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 1 (33). – С. 69-74.

13. Бышов, Д.Н. Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2016. – С. 463-465.

14. Бышов, Д.Н. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ. – 2016. – С. 35.

15. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: вероятностная модель процесса измельчения пчелиных сот/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.А. Петухов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3 (144). – С. 141-147.

УДК 631.87

## АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

*И.Н. Горячкина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Обобщены история и результаты многолетней работы различных организаций по созданию биологических препаратов на основе бактерий и грибов и применению их в растениеводстве. Рассматриваются принципы, которые лежат в основе препаратов для борьбы с фитопатогенами, а также улучшения плодородия почвы, дозировки, обуславливающие положительный эффект обработки растений различными препаратами. Указываются биопрепараты, которые получили наибольшее распространение в использовании для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и защиты их от вредителей и фитопатогенных микроорганизмов, возбудителей инфекционных заболеваний.

**Ключевые слова:** биопрепараты, биоудобрения, гуматы, стимуляторы роста, антагонистическое действие, эффективность применения.

**Summary.** The history and results of long-term work of various organizations on the creation of biological preparations based on bacteria and fungi and their use in crop production are summarized. The principles that underlie the drugs for combating phytopathogens, as well as improving soil fertility, dosages that determine the positive effect of treating plants with various drugs are considered. Indicates biological products that are most widely used to increase the

productivity of agricultural crops and protect them from pests and phytopathogenic microorganisms, pathogens of infectious diseases.

**Key words:** *biological products, biofertilizers, humates, growth stimulants, antagonistic action, application efficiency.*

Начало изучения биопрепаратов в России было положено еще в XIX в. в исследованиях известного ученого И.И. Мечникова. Им был создан препарат на основе энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae*, который получили из природы. В 1940-е годы в России возрос интерес к исследованиям по энтомопатогенным биопрепаратам. К 1960-м годам были разработаны Бердским заводом биопрепаратов (сейчас ПО «Сиббиофарм» – г. Бердск, Новосибирская обл.) отечественные бактериальные препараты Дендробациллин и Энтобактеринна в основе *Bacillus thuringiensis*. В России также разработаны препараты на основе *Bt. subsp. kurstaki* – Лепидоцид (ВНИИ «Биохиммашпроект», Москва) и на основе *Bt. subsp. thuringiensis* – Битоксибациллин (БТБ), полученный во Всесоюзном институте сельскохозяйственной микробиологии. Среди энтомопатогенных грибов, которые нашли применение в России для разработки биопрепаратов, можно выделить *Conidiobolus obscura* и *Conidiobolus thromboides*.

Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений в 1960-е годы был создан первый биопрепарат против болезней растений на основе гриба *Trichoderma viride*. Подавление фитопатогенов путём паразитирования, а антагонистическое действие происходит за счет выработки антибиотиков (виридин, глиотоксин и др.). Чуть позже были разработаны биопрепараты на основе *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma asperellum* и др. В настоящее время препараты, в основе которых грибы рода *Trichoderma*, зарегистрированы под названиями Глиокладин (ФГБУ «ВНИИ защиты растений» (ВИЗР), г. Санкт-Петербург) и Стернифаг (ЗАО «Агробиотехнология»).

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК г. Краснодар разработали биопрепараты Вермикулен и Хетомин, в основе которых заложено антагонистическое действие грибов *Penicillium vemiculatum* и *Chaetomium*, соответственно.

КГАУ и ФГБНУ СКФНЦСВВ г. Краснодар получен биофунгицид Ампеломицин, основа которого гриб *Ampelomyces quisqualis*.

Кроме препаратов, полученных с использованием штаммов грибов, снижающих численность возбудителей болезней растений, получают и бактериальные биопрепараты, которые в настоящее время являются более распространенными. В основе использования бактериальных препаратов также лежит механизм антибиоза. В качестве бактерий-антагонистов в бактериальных препаратах в основном выступают бактерии двух родов – *Pseudomonas* и *Bacillus*. На возможности бактерий рода *Pseudomonas* для подавления болезней растений обратили внимание Е.Ф. Березова и А.Н. Наумова еще в 1939 г. Однако первый биопрепарат Планриз на основе *Pseudomonas fluorescens* в конце 1980-х годов разработал А.Н. Перебитюк (Институт Генетики и Цитологии НАН Беларуси). Позже российскими учеными из разных регионах России были созданы препараты на основе штаммов *P. fluorescens* и *P. Aurofaciens*. Например, в институте биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, г. Пущино Московская обл. – Псевдобактерин-2; в ООО «БИО-БИЗ и Ко», г. Москва – Агат-25-К, в институте генетики и цитологии СО РАН, г. Новосибирск – Бинорам, в ООО «Планта-Плюс», г. Томск – Биовайс и многие другие [1].

Первым зарегистрированным биопрепаратом на основе *Bacillus subtilis* является Бактофит, полученный ГНЦ прикладной микробиологии, пос. Оболенск, Московской области и ПО «Сиббиофарм». Позже были разработаны Алирин-Б и Гамаир (ВИЗР) и Фитоспорин (Республика Башкортостан) [1].

Эффективность применения бактерий *Bacillus subtilis* была исследована, например, при использовании биопрепарата Бактавен в защите овса от фитопатогенов. Обработка семян на начальном этапе роста и развития растений (3 л/т) снижала заражение всходов краснобурой пятнистостью примерно на 15% и развитие корневых гнилей в фазе кущения

примерно на 40%. Дальнейшая обработка в фазе флагового листа (6 л/га) снижало развитие красно-бурой пятнистости в фазе выметывания примерно на 30%. Что в свою очередь благополучно сказалось на урожайности зерна овса.

По данным ФГБУ «ВНИИ защиты растений», более востребованными биопрепаратами являются инсектицидные препараты, в основе которых *Bacillus thuringiensis* [1]. Уже в наши дни набирает обороты новый препарат ВИЗР против саранчи. Учёные выделили штамм гриба *Beauveria bassiana*, способного заражать личинки перелетной саранчи. Полевые испытания данного микоинсектицида прошли в Казахстане, где эта проблема очень актуальна.

АО «Щелково Агрохим» создали и внедрили в практику многоштаммовый микробиологический препарат Биоккомпозит-коррект. Он служит для восстановления микроценоза и повышения плодородия почв, нарушенного особенно в результате выращивания зерновых и пропашных (подсолнечник, сахарная свекла, кукуруза) культур. Применение препарата Биоккомпозит-коррект в Курганской области прибавили урожай яровой пшеницы на 1-5 ц/га при обработке посевов (двукратно, по 2 л/га), в ЦЧЗ – сахарной свеклы на 25,5 ц/га обработкой почвы перед севом (2 л/га).

Одной из главных причин потери урожая сельскохозяйственных культур является низкое плодородие почвы. Внесение в почву биопрепарата на основе гриба рода *Trichoderma* можно решить проблему. В ЗАО «Булгар» Спасского района Республики Татарстан в 2013 г. начат первый пилотный проект по улучшению плодородия почвы. Специалистами Россельхозцентра были даны рекомендации по внесению в почву до посева биофунгицида Триходермин Нова (3-4 л/га), по протравливанию семян смесью биофунгицида и химического протравителя, а также по вегетации проводить обработки биофунгицидом Псевдобактерин-2 (2 л/га). В течение нескольких лет отслеживали состояние контрольного и опытного участков поля. В результате на опытном участке прослеживалось снижение вредной микрофлоры и увеличение гриба-антагониста *Trichoderma*, который и способствовал оздоровлению почвы. В контрольном варианте количество фитопатогенов не изменялось. На опытном участке посева были в хорошем состоянии, в контрольном же варианте были редкими, а растения отставали в росте. Это повлияло и на урожайность, которая на опытном участке составила 46,5 ц/га, а в контрольном – 37,2 ц/га.

Среди биоудобрений наибольшее распространение получили те, в основе которых азотфиксирующие бактерии, а также биоудобрения с микроорганизмами, растворяющими минерализованные формы фосфора. В основе получения биоудобрений лежит размножение культур микроорганизмов *Azotobacter* и *Rhizobium*. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» г. Санкт-Петербург является крупнейшим разработчиком биопрепаратов. Среди них можно выделить Ризоторфин, Мобилин, Ризоагрин, Мизорин и др. Не малый вклад и у таких предприятий, как ООО «Промышленные Инновации» (Азотовит, Фосфатовит), ООО «Бисолби Интер» (Экстрасол, Бисолби, Бисолби Планта), ООО «Органик Лайн» (Ризолайн, Липосам, Фитоцид, Биоккомплекс БТУ), компания «ЕвроХим» (Агринос А+В, Агринос1 и 2), ГК «Биона» (Ризомакс, Нитрофикс, НитроЗлак) и некоторые другие [1, 2, 3, 4].

Производители биоудобрений заявляют о приросте урожайности в среднем на 10–25%. Например, Ризоагрин – препарат, в основе которого *Agrobacterium radiobacter*, способен повысить урожайность на 10–40% за счет усиления азотного (20–30 кг/га) и фосфорного (12–20 кг/га) питания зерновых.

В настоящее время в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева продолжают исследования, начатые Ф.Ю. Гельцер, по синтезу и применению препарата Симбионт. Это стимулятор роста, действие которого направлено на прорастание семян с последующим максимальным эффектом и при формировании мощной корневой системы, и при формировании утолщенного стебля с развитыми листьями. Увеличение поглощающей поверхности корней и интенсификация процессов дыхания и фотосинтеза растений, увеличивает урожайность культур, выращенных в закрытом грунте до 50%, а в поле – на 10–20%.

Среди биопрепаратов отдельно выделяют гуматы, которые обладают свойствами и удобрений, и регуляторов роста растений, и мелиорантов для деградированных почв, и сорбентов токсикантов [2, 3, 4, 5, 6]. Первыми стали исследовать и производить гуматы филиалы Россельхозцентра по Иркутской и Астраханской областям и Карачаево-Черкесской Республике. С 2017 г. масштабное производство их начато в Республике Татарстан, Амурской, Новгородской, Белгородской, Тамбовской, Вологодской, Тверской, Кировской, Нижегородской, Омской, Челябинской и Кемеровской областях. В основном – это Гумат+7 [1].

В 2012 г. в Карачаево-Черкесии проводили испытания смеси препаратов Планриз (*Pseudomonas fluorescens*) на картофеле сорта Удача, что повысило урожай картофеля на 20 ц/га. А также провели испытание на озимой пшенице сорта Иришка, что прибавило урожайности на 2 ц/га. Кроме того, опыты показали, что Гумат+7 способен восстанавливать баланс почв по микроэлементам.

Испытания показали, что обработка гуминовыми продуктами посевов позволяют снять стресс, вызванный действием химических фунгицидов и засушливой погодой, увеличить поверхность растений для более активного фотосинтеза, снизить поражение посевов ячменя и замедлить распространение корневых гнилей, гельминтоспориоз листьев, что обеспечит прибавку урожая [2, 3]. Так, в Тюменской области в 2016 г. протравливание семян ячменя проводили препаратом Оплот, а обработку растений в начале кущения Гуматом+7. Последний снял стресс от воздействия химического препарата, растения были выше на 11 см контрольных образцов, имели большую площадь листовой поверхности и облиственность примерно на 40%.

В 2016 г. специалисты филиалов Россельхозцентра не только закладывали демонстрационные опыты в разных регионах страны на разных культурах, но и организовывали обучающие семинары по применению гуминовых продуктов в сельском хозяйстве.

Изучением сроков и способов применения препаратов Гуми-20М и Фитоспорин-М занимались в ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет». Производственные опыты проводились в полевых условиях при различных дозах внесения на раннем картофеле сорта Невский. Через 20 дней после цветения наибольшая площадь листовой поверхности (около 50 тыс.м<sup>2</sup>/га) была сформирована при трёхкратных обработках Гуми-20М и совместных обработках Гуми-20М и Фитоспорином-М (доза 30 т/га клубней). Растения были с хорошо развитой корневой системой. А самая высокая урожайность была зарегистрирована при трёхкратной обработке Гуми-20М и трёхкратном комплексном применении препаратов. Фитоспорин-М не дал достоверного увеличения урожая.

С каждым годом объем производства биопродуктов увеличивается, частично заменяются минеральные удобрения и пестициды для повышения урожайности. Однако в России и производство, и применение биопрепаратов и гуминовых продуктов остается незначительным, так как нет достаточного информирования о существовании и хозяйственной значимости этого направления.

## Литература

1. Горячкина, И.Н. Анализ существующих биопрепаратов и гуминовых продуктов/ И.Н. Горячкина, К.Н. Дрожжин, Г.К. Рембалович // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции 23.05.2019 г. – Рязань : РГАТУ, 2019. – Часть 3. – С. 118-123.

2. Исследование влияния обработки семян ячменя горячим туманом биологических препаратов и гуминовых продуктов/ М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.Н. Горячкина и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – 4 (44). – С. 93-99.

3. Горячкина, И.Н. Предпосевная обработка ячменя биологическими препаратами и гуминовыми продуктами/ И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк // Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 65-72.
4. Анализ применения различных видов гуматов и способов их использования при возделывании картофеля/ М.Ю. Костенко., И.Н. Горячкина, В.С. Тетерин, Н.Н. Гапеева и др. // Вестник РГАТУ. – 2018. – № 3 (39). – С. 88-93.
5. Горячкина, И.Н. Обеспечение сохранности картофеля на основе применения гуматов/ И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко, В.С. Мельников // Сб.: Инновационные агротехнологии и средства механизации для развития органического земледелия : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : Изд-во ФГБНУ ВНИМС, 2015. – С. 99-105.
6. Богданчиков, И.Ю. Исследование биопрепаратов для ускорения процесса разложения пожнивных остатков на возможность их механизированного внесения/ И.Ю. Богданчиков // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2019. – №1 (8). – С. 59-65.
7. Чехунов, О.А. Агрегат для приготовления компостов с использованием эффективных микроорганизмов/ О.А. Чехунов, В.В. Воронин, Г.С. Чехунова // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2020. – № 2 (38). – С. 80-85
8. Рыжков А.В. Дисковый почвообрабатывающий агрегат для внесения растворов концентратов микроорганизмов/ А.В. Рыжков, А.В. Мачкарин // Сб.: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : Материалы VI Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – Вып. 6. – С. 88-94.
9. Торлак, Е.Д. Агроэкологическое обоснование применения физиологически активных веществ на томате в защищенном грунте/ Е.Д. Торлак, Л.А. Антипкина // Материалы Всероссийского конкурса на лучшую работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства РФ в номинации «Агрохимия и агропочвоведение». – Нижний Новгород, 2014. – С. 36-39.
10. Старцева, А.А. Влияние биопрепаратов ЭКСТРАСОЛ И БИСОЛБИФИТ на баланс азота при выращивании ярового ячменя в условиях южной части Нечерноземной зоны РФ/ А.А. Старцева, Г.Н. Фадькин, Я.В. Костин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – 2013. – № 5. – С. 135-140.
11. Агроэкологическая эффективность разных форм минеральных удобрений на серых лесных почвах/ Я.В. Костин, Г.Н. Фадькин, В.И. Гусев и др. // Вестник РГАТУ. – 2009. – № 1. – С. 38-41.
12. Савина, О.В. Повышение качества и безопасности картофеля при использовании в технологии выращивания биологического препарата Биопаг/ О.В. Савина // Сб.: Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности товаров : Материалы Международной научно-практической конференции. – М. : Изд-во Канцлер, 2013. – С. 347-351.
13. Савина, О.В. Качество и пивоваренные свойства ячменя при использовании в технологии выращивания биоцидного препарата нового поколения «Биопаг»/ О.В. Савина // Товаровед продовольственных товаров. – 2013. – № 4. – С. 30-33.
14. Терентьева, В.А. Повышение доходности в зерновой отрасли за счет применения препарата «МИГИМ»/ В.А. Терентьева, И.К. Родин // Сб.: Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее : Материалы 2-й Всероссийской научной конференции. – Курск : ЮЗГУ, 2019. – С. 276-280.
15. Морозова, Л.А. Цифровые технологии в области земледелия / Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-

практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 274-278.

16. Морозова, Л.А. Точное земледелие как фактор цифровизации отрасли растениеводства/ Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 278-283.

17. Соколов, А.А. Влияние предпосевной обработки семян ячменя биопрепаратами на продуктивность растений/ А.А. Соколов, Д.В. Виноградов, М.М. Крючков // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 5. – С. 93-99.

18. Голубева, Н.И. Растениеводство/ Н.И. Голубева, Н.В. Вавилова, Д.В. Виноградов. – Рязань, 2006. – 252 с.

**УДК 604.6**

## **ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*А.А. Гуцалова<sup>1</sup>, А.С. Улесов<sup>1</sup>, А.А. Стуч<sup>1</sup>, Е.С. Цедрик<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

**Аннотация.** Рост населения, изменение климата и усиление антропогенного воздействия на земельные и водные системы создают значительные проблемы для современной сельскохозяйственной практики. Генная инженерия ускоряет селекцию новых сортов, которые могут помочь сельскохозяйственным системам адаптироваться к быстро меняющимся физическим условиям выращивания, технологиям и мировым рынкам.

**Ключевые слова:** *генная инженерия; биотехнология; устойчивость; изменение климата.*

**Summary.** Population growth, climate change, and increased anthropogenic impacts on land and water systems pose significant challenges to modern agricultural practices. Genetic engineering accelerates the selection of new varieties that can help agricultural systems adapt to rapidly changing physical growing conditions, technologies, and global markets.

**Key words:** *genetic engineering; biotechnology; sustainability; climate change.*

Генная инженерия обладает потенциалом для решения некоторых основных проблем современности, включая продовольственную безопасность, адаптацию к изменению климата и экологическую устойчивость. Она предоставляет новые инструменты и возможности для повышения производительности сельского хозяйства. Этот процесс может включать передачу определенных признаков или генов от одного организма к другому, в том числе между различными видами. Другие виды генной инженерии включают удаление или выключение определенных генов, добавление новых генов или введение желаемых мутаций. Организм, созданный или модифицированный генной инженерией, называется генетически модифицированным организмом. Большинство пищевых продуктов содержат генетически модифицированные организмы (ГМО), сконструированные таким образом, чтобы быть устойчивыми к гербицидам и вредителям; кукуруза, соя и рапсовое масло являются яркими примерами. Все живые организмы состоят из клеток внутри которых находятся цепочки молекул ДНК обладающих инструкциями по созданию генов, которые формируют уникальный план определяющий, как организм растет, развивается, выглядит и живет. Гены составляют около одного процента последовательности ДНК, остальная часть отвечает за регулирование того, когда и как образуются белки [1, с. 358].

Первые культуры, которые были реализованы в промышленных масштабах в больших масштабах, обеспечивали защиту от насекомых-вредителей или толерантность к гербицидам.

Устойчивые к грибам и вирусам культуры также были разработаны или находятся в стадии разработки [2, с. 1]. Высокотехнологичная отрасль генной инженерии ориентирована в первую очередь на выращивание крупных товарных культур, таких как кукуруза, хлопок и соя.

Доказанно, что бактерии *Bacillus thuringiensis* (Bt) экспрессируют инсектицидный белок-прототоксин, который, попадая в кишечник насекомых, расщепляется под действием протеаз до активного токсина, приводящего к гибели вредителей. Препараты на основе этого токсина использовались для обработки растений в поле. Полученные препараты были нестойкими и довольно быстро разлагались, что не позволяло развить у вредителей устойчивость к инсектициду, в то время как продукция таких белков в растительных клетках могла обеспечивать устойчивую резистентность растений к насекомым. Из генома *B. thuringiensis* был выделен ген токсина bt2 и поставлен под контроль промотора 35S CaMV, bt2-ген был интегрирован в геном растений табака методом агробактериальной трансформации. Экспрессия бактериального bt2-гена в растительных клетках была подтверждена как на уровне транскрипции, по присутствию соответствующей мРНК, так и на уровне трансляции, по синтезу белка-токсина. Полученные трансгенные растения табака были устойчивы к вредителям. Эффективность защиты сельскохозяйственных культур от вредителей была показана и на трансгенных растениях томата, трансформированных генами эндотоксина, при этом бактериальный белок, синтезированный в тканях растений, обеспечивал защитный эффект, сравнимый с использованием инсектицидных препаратов. Помимо табака и томата бактериальный bt2-ген был введен в геном многих сельскохозяйственных растений, в том числе в картофель, кукурузу, хлопчатник, рис, сою, брокколи и др. Для ряда культур получены сорта трансгенных растений, экспрессирующих в своем геноме bt2-ген. Использование трансгенных растений привело к резкому сокращению применения инсектицидов и повышению урожайности [3, с. 18].

В некоторых случаях искусственные культуры могут быть более безопасными, чем обычные продукты питания. Например, кукурузное зерно может быть естественным образом загрязнено микотоксинами, которые являются токсинами, вырабатываемыми грибами. Микотоксины представляют опасность для здоровья скота и людей. Несколько видов скота подвержены отравлению микотоксинами, что может привести к летальному исходу. Воздействие этих соединений на человека было связано со специфическими врожденными дефектами, раком пищевода и повреждением печени. Одним из способов снижения уровня загрязнения кукурузы микотоксинами является использование сортов с признаками *Bt*. Грибы, которые приводят к образованию микотоксинов, часто проникают в зерно через раны, такие как те, которые возникают в результате питания насекомых [4, с. 2]. В настоящее время получены так называемые *Bt*-растения хлопка, картофеля [5, с. 313] и кукурузы [6, с. 200].

Существует также ряд применений генетически модифицированных растений за пределами пищевой промышленности, например, в лесной, бумажной, и химической и все чаще для производства биотоплива [7, с. 352]. Сегодня ученые разрабатывают способы создания новых сортов сельскохозяйственных культур и животных с помощью процесса, называемого редактированием генома. Существует несколько инструментов редактирования генома, таких как CRISPR. Ученые могут использовать эти новые инструменты редактирования генома, чтобы сделать сельскохозяйственные культуры более питательными, засухоустойчивыми и устойчивыми к насекомым-вредителям и болезням [8, с. 1]. Технология CRISPR была успешно продемонстрирована в рисе и пшенице [9, с. 239], которые имеют решающее значение для глобальной продовольственной безопасности, поскольку они являются наиболее доминирующими основными продуктами питания в мире. В настоящее время одна треть населения мира потребляет рис в качестве основного продукта питания [10, с. 125].

## Литература

1. Нечаев, А.П. Пищевая химия/ А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др. – СПб : ГИОРД, 2012. – 2012. – 672 с.
2. Islam, A. Fungus Resistant Transgenic Plants: Strategies, Progress and Lessons Learnt/ A. Islam // Plant Tissue Culture and Biotechnology. – 2008. – № 16 (2). – Pp. 117–38.
3. Щелкунов, С.Н. Генетическая инженерия/ С.Н. Щелкунов. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2004.
4. Сельскохозяйственная биотехнология/ В.С. Шевелуха, Е.А. Калашникова, Е.З. Кочиева и др. – М. : Высш. шк., 2008. – 710 с.
5. Genetically Improved Potatoes: Protection from Damage by Colorado Potato beetles/ F.G. Perlak, T.B. Stone, Y.M. Muskopf et al. // Plant Mol. Biol. – 1993. – V. 22. – P. 313-321.
6. Field Performance of Elite Transgenic Maize Plants Expressing an Insecticidal Protein Derived from *Bacillus thuringiensis*/ M.G. Koziel, G.L. Beland, C. Bowman et al. // Biotech. – 1993. – V. 11. – P. 194-200.
7. Gaugitsch, H. Experience with environmental issues in GM crop production and the likely future scenarios/ H. Gaugitsch // Toxicol. Lett. – 2002. – № 127. – Pp. 351-357.
8. Gao, C. The future of CRISPR technologies in agriculture/ C. Gao // Nat. Rev. Mol. Cell Biol. – 2018. – № 2.
9. Shan, Q. Genome editing in rice and wheat using CRISPR/ Q. Shan, Y. Wang, J. Li, C. Gao // Cas system Nat. Protoc. – 2014. – № 9. – Pp. 239-241.
10. Doudna, A. The new frontier of genome engineering with CRISPR/ A. Doudna, E. Charpentier // Cas9 Science. – 2014. – № 346 (6213). – P. 125.
11. Черкашина, Л.В. Модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой трансформации/ Л.В. Черкашина, Л.А. Морозова, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 535-538.
12. Романова, Л.В. Инновации в АПК в условиях цифровизации/ Л.В. Романова, О.Н. Фочкина // Сб.: Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе : Материалы Международной научной конференции. – 2020. – С. 241-244.

УДК 631.33

### ВНЕКОРНЕВАЯ ПОДКОРМКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Ж.В. Даниленко<sup>1</sup>, К.П. Андреев<sup>1</sup>, В.В. Терентьев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Внекорневая подкормка более экологична, непосредственна и целенаправленна, чем подкормка почвы, поскольку питательные вещества могут быть непосредственно доставлены в ткани растений на критических стадиях роста растений.

**Ключевые слова:** подкормка, растения, удобрения, эффективность питания.

**Summary.** Foliar fertilization is more environmentally friendly, direct and targeted than soil fertilization, since nutrients can be directly delivered to plant tissues at critical stages of plant growth.

**Key words:** top dressing, plants, fertilizers, nutrition efficiency.

Внекорневая подкормка является важным инструментом устойчивого и продуктивного управления сельскохозяйственными культурами. Однако современное понимание факторов, влияющих на конечную эффективность внекорневой подкормки,

остаётся неполным. Достижения в этой области требуют глубокого понимания физических, химических, биологических и экологических принципов, которые регулируют поглощение и использование питательных веществ, вносимых в листовую подкормку [1–3].

Способность листьев растений поглощать воду и питательные вещества была признана примерно три столетия назад. Применение питательных растворов к листьям растений в качестве альтернативного средства для удобрения таких культур, как виноградное земледелие, было отмечено в начале 19 века. После этого были приложены исследовательские усилия, чтобы попытаться охарактеризовать химическую и физическую природу кутикулы листьев растений, клеточную физиологию и структуру листьев растений, а также сосредоточиться на потенциальных механизмах проникновения опрыскивателей листьев. С появлением сначала флуоресцентных, а затем и радиомаркировочных методов в первой половине XX века появилась возможность разработать более точные методы исследования механизмов проникновения кутикулы листьев и транслокации внутри растения после внекорневого применения питательных растворов.

Роль устьиц в процессе внекорневого поглощения представляет интерес с начала 20-го века. Однако в 1972 году было постулировано, что чистая вода не может самопроизвольно проникать в устьица, если с раствором не применяется поверхностно-активное вещество для снижения поверхностного натяжения ниже 30 мН М-1.

Вследствие этого большинство исследований было впоследствии проведено на кутикулярных мембранах, выделенных из адаксиальных (верхних) поверхностей листьев видов, в которых можно было проводить процедуры ферментативной изоляции, например из листьев тополя или груши. Используя эту систему, было обнаружено, что кутикулы проницаемы для воды и ионов, а также для полярных соединений. Кроме того, было высказано предположение о существовании двух различных путей проникновения в кутикулу, одного для гидрофильных и другого для липофильных веществ.

В настоящее время количественное значение этого пути и вклад других поверхностных структур, таких как чечевицы, в поглощение внекорневых растворов остаются неясными.

С момента своего первого зарегистрированного использования в начале 19-го века внекорневая подкормка была предметом значительных контролируемых экологических и полевых исследований и стала широко принятой в качестве стандартной практики для многих культур [4,5]. К обоснованиям применения внекорневых удобрений относятся:

- 1) когда почвенные условия ограничивают доступность вносимых в почву питательных веществ;
- 2) в условиях, когда могут иметь место высокие темпы потерь вносимых в почву питательных веществ;
- 3) когда стадия роста растения, внутренний спрос растения и условия окружающей среды взаимодействуют, чтобы ограничить доставку питательных веществ к критическим органам растения. В каждом из этих условий решение о применении внекорневых удобрений определяется величиной финансового риска, связанного с неспособностью исправить дефицит питательного вещества, и предполагаемой вероятностью эффективности внекорневой подкормки.

Кроме того, внекорневая подкормка теоретически более экологична, непосредственна и целенаправленна, чем подкормка почвы, поскольку питательные вещества могут быть непосредственно доставлены в ткани растений на критических стадиях роста растений. Однако, хотя необходимость коррекции дефицита может быть хорошо определена, определение эффективности внекорневого оплодотворения может быть гораздо более неопределённым [6–8].

Процессы, посредством которых питательный раствор, нанесённый на листву, в конечном счёте, используется растением, включают внекорневую адсорбцию, проникновение в кутикулу, поглощение и абсорбцию в метаболически активные клеточные компартменты листа, а затем транслокацию и использование поглощённого питательного

вещества растением. С практической точки зрения часто бывает трудно провести различие между этими процессами, хотя многие исследования, использующие термин «внекорневое поглощение», часто ссылаются на увеличение содержания питательных веществ в тканях без прямого измерения относительной биологической пользы применения для растения в целом. Эта путаница и неточность значительно усложняют интерпретацию как контролируемых условий лабораторных, так и полевых экспериментов и, несомненно, приводят к непоследовательной реакции растений и общей неопределенности в прогнозировании эффективности внекорневых обработок. Поэтому проблемы, стоящие перед практиками внекорневой подкормки и перед исследователями, пытающимися понять факторы, определяющие эффективность внекорневых удобрений, велики [9].

Воздушная поверхность растений характеризуется сложным и разнообразным набором специализированных химических и физических адаптаций, которые служат для повышения устойчивости растений к обширному перечню факторов, включая неблагоприятное облучение, температуру, дефицит давления пара, ветер, травоядность, физические повреждения, пыль, дождь, загрязнители, антропогенные химические вещества, насекомых и патогены. Воздушные поверхности и структуры растений также хорошо приспособлены для контроля прохождения водяного пара и газов, а также для ограничения потерь питательных веществ, метаболитов и воды из растения в окружающую среду при неблагоприятных условиях. Эти характеристики воздушных поверхностей растений, которые позволяют им защищать растение от воздействия окружающей среды и регулировать водный, газовый и питательный обмен, также обеспечивают механизмы, влияющие на поглощение внекорневых питательных веществ. Повышение эффективности и воспроизводимости внекорневой подкормки требует знания химических и физических свойств поверхности растений и процессов проникновения в растение [10, 11].

Воздушные поверхности растений обычно покрыты гидрофобной кутикулой и очень часто обладают модифицированными эпидермальными клетками, такими как трихомы или устьица. Внешняя поверхность кутикулы покрыта восками, которые могут придать поверхности растения гидрофобный характер. Степень гидрофобности и полярности поверхности растений определяется видом, химией и топографией, на которые также влияет структура клеток эпидермиса на микроскопическом уровне. Как и листья, плоды также защищены кутикулой и может содержать эпидермальные структуры, которые влияют на путь транспирации и способствуют его проводимости воды (и питательных веществ), которые являются критическим фактором для роста и качества плодов.

## Литература

1. Макаров, В.А. Современное состояние, агроэкологические аспекты, перспектива производства и применения органических удобрений/ В.А. Макаров, О.И. Журавлёва // Сб.: Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства : Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы механизации и информатизации в повышении уровня почвенного плодородия в органическом земледелии». – Рязань : ФГБНУ ВНИМС, 2016. – С. 22-26.

2. Терентьев, В.В. Влияние влажности на физико-механические свойства удобрений/ В.В. Терентьев, К.П. Андреев // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 95-99.

3. Применение нанопорошков в качестве микроудобрений для маслиничных культур/ С.Д. Полищук, А.А. Назарова, М.В. Куцкир и др. // Нанотехника. – 2013. – № 3 (35). – С. 67-71.

4. Андреев, К.П. Влияние гранулометрических и прочностных свойств удобрений на равномерность внесения/ К.П. Андреев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 8-9.

5. Опыт применения удобрений внекорневых (листовых) подкормок в агрофирмах юго-востока Республики Татарстан/ Р.М. Гайнуллин, И.А. Харисов, И.Д. Айсин, Ф.М. Гараев // Сб.: Проблемы инновационного развития АПК: кадры, технологии, эффективность : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 295-301.
6. Внедрение системы точного земледелия/ К.П. Андреев, Н.В. Аникин, Н.В. Бышов и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 2 (42). – С. 74-80.
7. Мусаев, Ф.А. Эффективность применения регулятора роста при выращивании земляники садовой в открытом грунте/ Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова, А.В. Кобелева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета . – 2017. – № 1 (52). – С. 27-33.
8. Пироговская, Г.В. Влияние минеральных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции/ Г.В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2 (51). – С. 177-191.
9. Determining the inequality of solid mineral fertilizers application/ К.Р. Andreev, Zh.V. Danilenko, M.Yu. Kostenko et al. // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Т. 10. – № 10 Special Issue. – Pp. 2112-2122.
10. Терентьев, В.В. Точное земледелие для устойчивой интенсификации в сельском хозяйстве/ В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Н.В. Аникин // Сб.: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 206-213.
11. Новак, С.О. Урожайность зерновых культур по разному фону минерального питания и внекорневой подкормки/ С.О. Новак, Е.В. Бояркин, В.К. Большедворская // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 97. – С. 41-50.
12. Костин, Я.В. Агрохимическое обоснование применения местных удобрений в современных условиях/ Я.В. Костин, А.В. Кобелева // Сб: Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – 2016. – С. 461-464.
13. Эффективность сыромолотых фосфоритов на серых лесных почвах Рязанской области/ Я.В.Костин, Р.Н.Ушаков, Г.Н. Фадькин и др.// Вестник РГАТУ. – 2016. – № 2 (30). – С. 35-40.
14. Правкина, С.Д. Агроэкологическое обоснование использования овса для фиторемедиации агрозема торфяно-минерального с внесением осадка сточных вод в качестве удобрения/ С.Д. Правкина, В.И. Левин, Т.В. Хабарова // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 3 (7). – С. 20-23.
15. Мартынов, Е.А. Разработка конструкции установки для компостирования/ Е.А. Мартынов // Сб.: Биотехнологические решения задач аграрной науки : Материалы Национальной Международной научно-производственной конференции. – п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. – С. 82-83.
16. Результаты мониторинга почвенных неоднородностей на основе мультиспектральных снимков полей при утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения/ И.Ю. Богданчиков, Н.В. Бышов, К.Н. Дрожжин и др. // Вестник РГАТУ. – 2020. – № 3. – С. 74-79.

## ОБЗОР МАЛОГАБАРИТНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ДЛЯ МАЛЫХ ЧАСТНЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

А.А. Желтоухов<sup>1</sup>, Д.М. Юмаев<sup>1</sup>, Г.К. Рембалович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В данной статье проведен анализ использования малогабаритных сельскохозяйственных машин для уборки картофеля в условиях малых частных фермерских хозяйствах.

**Ключевые слова:** уборка, корнеклубнеплод, картофель, машина.

**Summary.** This article analyzes the use of small-sized agricultural machines for harvesting potatoes in small private farms.

**Key words:** cleaning, root crops, potatoes, car.

На территории Российской Федерации более 80% картофеля выращивается на небольших фермерских хозяйствах. В таких хозяйствах, как правило, преобладает ручной труд [1, 9, 10]. Уборка картофеля в полевых условиях должна осуществляться своевременно, поэтому целесообразно использовать механизированный способ уборки корнеплодов. В подавляющем большинстве фермерских хозяйств имеющаяся картофелеуборочная техника не предназначена для уборки в промышленных масштабах [2, 8].

Из-за малых объемов работы на небольших площадях частных полей и высокой стоимости, окупаемость будет долгой. Это делает не целесообразной покупку полноразмерной сельскохозяйственной техники. Однако и в малом объеме на рынке присутствуют малогабаритные картофелеуборочные машины по приемлемой себестоимости, которые способны выполнять поставленную задачу по уборке картофеля, а также в полной мере удовлетворять потребностям.

Наиболее часто применяются следующие сельскохозяйственные виды техники:

Прицепной мини комбайн навесного типа «Карлик» имеет невысокую производительность. Однако простота в управлении и оснащение основных узлов гидравлическим приводом, что позволяет работать с тракторами различного класса до 100 л.с. [3, 7]. Ёмкость накопительного бункера комбайна составляет 0,8 м. куб. Производительность около 0,7 Га в день.

Основными преимуществами данного комбайна являются:

- простота в управлении;
- компактные габариты;
- обслуживание техники может проводиться одним оператором [4].



Рисунок 1 – Мини комбайн «Карлик»

Из минусов данной машины, стоит отметить небольшой объем бункера и невысокую производительность.

Картофелекомбайн КСК-1 «Кабан» это небольшой комбайн предназначен для выкапывания картофеля с малоконтурных участков фермерских и крестьянских хозяйств. Особенностью комбайна КСК-1 является технология очистки клубней картофеля от земляных примесей. Производительность комбайна составляет 0,2 га участка в час. В отличие от других картофелекопателей, Кабан не оставляет клубни на поле, а сам очищает их от почвы и упаковывает в мешок [5, 6].



Рисунок 2 – Картофелекомбайн КСК-1 «Кабан»

Основные достоинства:

- особый принцип отделения земли и примесей;
- снижение потерь картофельных клубней;
- сбор клубней в автоприцеп или малогабаритную тару;
- простота технического обслуживания;
- производительность – 0,2 га в час;
- высокая маневренность;
- выкапыватель лемешно-дискового типа;
- сравнительно малый вес конструкции – 480 кг.

Картофелекопатель Wigaх однорядный навесного типа предназначен для выкапывания борозды на поле с небольшим количеством сорняков и камней, с засохшей или срезанной ботвой. Картофелекопатель способен работать на склонах с углом наклона не более 6% [6].

Оптимальные результаты достигаются при условии средней влажности почвы, обеспечивающие наилучшее просеивание почвы. Работа на сухой почве приводит к повреждению машины. Для обеспечения наибольшей производительности и безотказной работы картофелекопателя, рекомендуется удалить с поля ботву и другие примеси, которые могут привести к забиванию рабочих элементов картофелекопателя. Работа на почвах с большим количеством камней приводит к быстрому износу и повреждению рабочих органов машины.



Рисунок 3 – Картофелекопалка Wigaх

Таким образом, использование малогабаритных картофелеуборочных машин в малых частных фермерских хозяйствах имеет весомое значение в развитии и дальнейшем получении прибыли, что благоприятно сказывается на самой деятельности предприятия. Среди рассмотренных картофелеуборочных машин на фоне остальных выделяется картофелекомбайн КСК-1 «Кабан». Хорошая производительность, простота обслуживания, очистка картофеля от почвы и вороха во время уборки и укладывание их в упаковочную тару делает машину наиболее востребованной для использования частными фермерскими хозяйствами.

## Литература

1. Перспективы картофелеводства в Рязанском АПК/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович и др. // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 17-18.
2. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области/ Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, А.А. Голиков и др. // Вестник РГАТУ. – 2013. – № 1 (17). – С. 64-68.
3. Рембалович, Г.К. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области/ Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, А.А. Голиков и др. // Вестник РГАТУ. – 2013. – № 1 (17). – С. 64-68.
4. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна/ И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №1 (49). – С. 262-269.
5. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в картофелеводстве/ Г.К. Рембалович, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 1. – С. 23-25.
6. Анализ сепарации почвы в картофелеуборочных машинах/ П.В. Ефимов, А.А. Желтоухов, Д.М. Юмаев и др. // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 1-2. – С. 21-23.
7. Успенский, И.А. Сепарирующая горка с лопастным отбойным валиком/ И.А. Успенский, Р.В. Безносюк, Г.К. Рембалович // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 2. – С. 57-59.
8. Рембалович, Г.К. Результаты исследований эксплуатационной надёжности органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин/ Г.К. Рембалович, Р.В. Безносюк, И.А. Успенский // Вестн. Моск. Гос. Агроинженерного университета им. В.П. Горячкина. – 2009. – № 3 (34). – С. 40-42.
9. Повышение надежности техники в сельском хозяйстве на основе применения систем непрерывного диагностирования/ Р.В. Безносюк, В.В. Фокин, Н.В. Бышов и др. // Международный научный журнал. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – № 2. – С. 112-116.
10. Рембалович, Г.К. Теоретические основы исследования рабочих органов на основе моделирования процесса вторичной сепарации в картофелеуборочных машинах/ Г.К. Рембалович, Р.В. Безносюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С.700-720.
11. Классификация средств малой механизации сельскохозяйственных работ/ В.М. Корнюшин, Е.О. Кузьмичев, Б.А. Нефедов, М.Б. Угланов //Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции 14 декабря 2017 года. – Рязань : РГАТУ, 2017. – Часть 2. – С. 96-101.

12. Савоськина, И.В. Актуальность применения малогабаритных косилок/ И.В. Савоськина, В.М. Корнюшин // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2020. – № 2 (11). – С. 116-122.
13. Создание мобильного агрегата с манипулятором доения для личных и фермерских хозяйств/ В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, А.И. СклЯров, Ю.Н. Ульянов // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. – 2003. – Т. 12. – № 2. – С. 71-75.
14. Бережная, И.Ш. Структурный анализ оборудования перерабатывающих предприятий/ И.Ш. Бережная //Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики и конструирования машин. – Белгород : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018.– С. 300-304.
15. Крыгин, С.Е. Разработка принципиальной схемы однорядного комбайна для уборки картофеля/ С.Е. Крыгин, Д.В. Макеев, М.Б. Угланов. // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1 (1). – С. 34-40.
16. Крыгин, С.Е. Применение картофелекопателей с инновационными рабочими органами/ С.Е. Крыгин, Е.Е. Крыгина, И.А. Паршин // Сб.: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции. – Мичуринск : Мичуринск-Наукоград; МичГАУ. – С. 55-58.
17. Туркин, В.Н. Повышение доходности предприятия за счет приобретения молочного такси компании MILK TECHNOLOGY/ В.Н. Туркин, М.В. Поляков // Сб.: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции (Международные Бочкаревские чтения). – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 767-770.
18. Экологическое ресурсоведение/ Е.С. Иванов, В.В. Чёрная, Д.В. Виноградов и др. – Рязань, 2018. – 514 с.
19. Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery/ I.I. Gabitov, S.Z. Insafuddinov, Y. Ivanov et al. // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 70-80.

УДК 631.356

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОРГАНОВ ВЫНОСНОЙ СЕПАРАЦИИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

*Р.Р. Исмаев<sup>1</sup>, Р.В. Безносок<sup>1</sup>, Г.К. Рембалович<sup>1</sup>, С.Т. Кодиров<sup>1</sup>, Д.В. Евтехов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В данной статье проанализированы современные технические устройства позволяющие на различных этапах производства снизить потери и повреждения корнеклубнеплодов.

**Ключевые слова:** *уборка, корнеклубнеплод, потери, повреждения, интенсификатор.*

**Summary.** This article analyzes modern technical devices that allow reducing losses and damage to root crops at various stages of production.

**Key words:** *harvesting, root crop, losses, damages, intensifier.*

Корнеклубнеплоды составляют значительную часть рациона пищи человека, широко используются в качестве сырья в промышленности, общественном питании. По данным Минсельхоза России, на 2020 год картофеля было убрано с площади 268,7 тыс. га, накопано 6 575,0 тыс. т., а овощей открытого грунта с 175,3 тыс. га площади и собрано 4 928,2 тыс. т. [10].

Определённый процент повреждения клубней неизбежен. Примерно 30% от всех сборов составляют повреждённые корнеклубнеплоды.

На сегодняшний день существуют различные технологии машинной уборки, транспортировки, послеуборочной доработки и хранения корнеклубнеплодов. С целью повышения эффективности и снижения потерь и повреждений применяют различные способы, методы и устройства.

Уборка состоит из нескольких взаимосвязанных между собой этапов: выкапывание, сепарация и накопление. Они могут проходить как параллельно, относительно друг друга, так и последовательно в зависимости от применённого агрегата и способа. Современная уборка характеризуется высокой степенью механизации.

При уборке урожая чаще всего наблюдается использование картофелеуборочных машин, которые избавляют человека от ненужной траты энергии, путём автоматизации процессов: выкапывания, сепарации, накопления. При присоединении к ним разных рабочих органов можно добиться не только увеличения производительности и энергоэффективности машин, но и снижения повреждения сельскохозяйственных культур.

Применение выкапывающего рабочего органа, состоящего из двух плоских дисков, установленных с постоянным значением угла развала, образующих спаренный двугранный клин с руслом постоянного сечения [1] позволяет уменьшить потери урожая и повысить качество последующей сепарации клубненосного вороха.

Сепарирующий рабочий орган для очистки корнеклубнеплодов [2] с почвоудалителем, скребковым транспортёром, имеющий скребки с жёсткой планкой и упругой лопастью высотой 1-2 метра расстояния между скребками, опирающейся на поддерживающую площадку. Применение разработанного органа просеивной сепарации позволяет снизить повреждения клубней.

Механизм для послонной спиральной укладки корнеклубнеплодов с дополнительным материалом в контейнер [7]. Таким образом, клубни падают на песок, образуя при вращении цилиндрического корпуса слой, который укрывается следующим слоем песка.

В процессе транспортировки урожая в пункт послеуборочной доработки всё чаще наблюдаются его потери. С целью снижения потерь и повреждений клубней проведен анализ конструкции уборочных машин:

1) комбайн с выгрузным трубопроводом и автоматической системой процесса погрузки транспортного средства [3] предотвращающий потери при загрузке/выгрузке транспортного средства;

2) контейнер для перевозки плодоовощной продукции с перегородкой из полых труб [6], выполненные из упругого материала, уменьшает наносимый вред при перевозке и разгрузке в пункт послеуборочной доработки.

Послеуборочную доработку можно разделить на 3 этапа: вторичная сепарация, мойка, обработка и сортировка корнеклубнеплодов. С целью предотвращения повреждения картофеля и овощей открытого грунта на этих этапах, был проведён анализ, благодаря которому найдены подходящие устройства:

- цилиндрический барабан [5] с отделением крупной фракции в начале технологического пути, уменьшает процент повреждений корнеклубнеплодов при сепарации и сортировке;

- мойка [8] со спиральным загрузочным шнеком, обеспечивает интенсивную мойку и исключает травмирование клубней при их соударении, за счёт возмущающей силы в результате работы вибраторов в блоке загрузочного шнека;

- устройство [4] для магнитной обработки, в рабочей емкости которого, установлены картонные вкладыши, позволяет предотвратить травмирования картофеля и овощей открытого грунта и увеличить время хранения, при вращении емкости вокруг своей оси.

С целью снижения потерь картофеля и овощей открытого грунта, при хранении, применяются устройства представляющее хранилище для корнеклубнеплодов с ёмкостью

силосного типа, в центре которой находится центральный ствол, с установленным в нём трубопроводом со шнековым подъёмником [9], позволяющий организовать поярусный восходящий поток загрузки клубней без травмирования продукта.

На основании проведенного анализа установлено, что применение и сочетание предлагаемых производителями и разрабатываемыми устройствами для снижения повреждения и потерь корнеклубнеплодов, позволит повысить сохранность производимой сельскохозяйственной продукции.

## Литература

1. Пат. РФ № 2728643. Способ извлечения корнеклубнеплодов из почвы и устройство для его осуществления/ Корепанов Ю.Г., Арсланов Ф.Р., Алексеева А.Ю., Иванов А.Г., Шкляев М.В., Скурыгин И.Н., Вахрамеев Д.А. – Оpubл. 30.07.2020; Бюл. № 22.

2. Пат. РФ № 93027760. Сепаратор для очистки корнеклубнеплодов и/или луковиц/ Медведев В.П., Мочалов С.Б. – Оpubл. 27.02.1997; Бюл. № 6.

3. Пат. РФ № 81410. Комбайн для уборки сельскохозяйственных культур/ Падалко Г.А., Голованов В.И., Коваленко В.Ф., Щедрина Т.В., Перетокин А.Ю., Василенко В.С., Филатов А.К. – Оpubл. 20.03.2009; Бюл. № 8.

4. Пат. РФ № 2716110. Устройство магнитной обработки клубней картофеля емкостного типа/ Никитенко Г.В., Лысаков А.А., Коноплев Е.В., Тарасов Я.А. – Оpubл. 05.03.2020; Бюл. № 7.

5. Пат. РФ № 2194380. Устройство для очистки и сортировки корнеклубнеплодов и фруктов/ Максимов Л.М., Максимов П.Л., Игнатьев С.П. – Оpubл. 20.12.2002; Бюл. № 35.

6. Пат. РФ № 191227. Устройство для транспортировки корнеклубнеплодов/ Борычев С.Н., Рябчиков Д.С., Колошеин Д.В., Бойко А.И., Голиков А.А., Безносюк Р.В. – Оpubл. 30.07.2019; Бюл. № 22.

7. Пат. РФ № 2453484. Устройство для послойной укладки корнеклубнеплодов с дополнительным материалом в контейнер/ Панчехин А.Н., Игнатов В.М. – Оpubл. 20.06.2012; Бюл. № 17.

8. Пат. РФ № 2093049. Устройство для мойки корнеклубнеплодов/ Леонов А.Я., Шпарберг Е.М., Савинов А.М., Полуниин Г.А. – Оpubл. 20.10.1997; Бюл. № 29.

9. Пат. РФ № 94004186. Хранилище для корнеклубнеплодов/ Леонов А.Я., Савинов А.М., Шпарберг Е.М., Богатырев А.Н., Большаков О.В., Полуниин Г.А. – Оpubл. 27.09.1995; Бюл. № 27.

10. Авельцов, Д.Ю. Ход уборочной компании на 20 ноября/ Д.Ю. Авельцов, Р.Г. Абузяров, Д.А. Бобрышов. – Режим доступа: <https://specagro.ru/harvest/2020>.

11. К вопросу о визуализации элементов эксплуатации машинно-тракторного парка в учебном процессе при подготовке специалистов инженерного профиля на базе НОУ УКК «Рязаньагровод» и ФГБОУ ВПО РГАТУ в рамках единого образовательного кластера/ А.Н. Бачурин, К.Н. Дрожжин, Д.О. Олейник и др. // Сборник научных трудов студентов магистратуры. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 64-68.

12. Пат. РФ № 2204234. Устройство для сепарации корнеклубнеплодов/ Крыгин С.Е. – Оpubл. 14.05.2001.

13. Классификация сепарирующих рабочих органов механического принципа действия/ Н.В. Бышов, С.В. Галушкин, С.Е. Крыгин, Ю.В. Якунин // Сб.: Юбилейный сборник научных трудов сотрудников и аспирантов РГСХА 50-летию академии посвящается. – Рязань, 1999. – С. 277-279.

14. Туркин, В.Н. Методика расчета линии тукосмешивания при выращивании картофеля/ В.Н. Туркин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2015. – С. 417-420.

15. Борычев, С.Н. Разработка опорного катка картофелеуборочного комбайна/ С.Н. Борычев, В.Д. Липин, И.В. Лучкова // Сб.: Теория и практика современной аграрной науки : Материалы III Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием. – Новосибирск : ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 19-21.

16. Борычев, С.Н. Технологии уборки картофеля: общие вопросы/ С.Н. Борычев, И.В. Лучкова // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 71-75.

17. Лучкова, И.В. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы/ И.В. Лучкова, С.Н. Борычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2 (58). – С. 419-428.

18. Технология послеуборочной доработки и хранения картофеля/ С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Л.А. Маслова, Л.Б. Винникова // Сб.: приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 79-84.

19. Борычев, С.Н. Основы теоретических исследований картофеля/ С.Н. Борычев, А.Ф. Владимиров, Д.В. Колошеин // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции 26–27 апреля 2017 года. – Часть 2. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С.58-62.

20. Сельскохозяйственная экология/ А.В. Щур, Н.Н. Казачёнок, Д.В. Виноградов и др. – Могилев-Рязань-Минск, 2017. – 228 с.

УДК 631.356

## К ВОПРОСУ РАЗНООБРАЗИЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

*Р.Р. Исмаев<sup>1</sup>, Р.В. Безносюк<sup>1</sup>, Г.К. Рембалович<sup>1</sup>, А.В. Зеленец<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен вопрос разнообразия картофелеуборочных машин.

**Ключевые слова:** *уборка, корнеклубнеплод, потери, повреждения, интенсификатор.*

**Summary.** In this article, the question of the variety of potato harvesters is considered.

**Key words:** *harvesting, root crop, losses, damages, intensifier.*

Одну из составных частей рациона пищи человека составляют корнеклубнеплоды. Наиболее трудоемким при производстве считается уборка, на долю которой приходится до 75% затрат труда. По данным Минсельхоза России, на 2020 год картофеля было убрано с площади 268,7 тыс. га, накопано 6575,0 тыс. т., а овощей открытого грунта с 175,3 тыс. га площади и собрано 4928,2 тыс. т. В зависимости от почвенно-климатических условий, размеров и рельефа полей, урожайности картофеля его убирают картофелекопателями или комбайнами [1, 2, 3, 4, 8].

Картофелекопатели широко используются в малых хозяйствах. Наилучшие результаты работы были выявлены на средне-влажных почвах с высокой влажностью. Механизированная уборка с применением копателей имеет несколько особенностей: эффективность уборки (оборудование выкапывает от 90 до 98% всего урожая), низкая производительность, высокие трудозатраты и большие потери клубней [5, 6, 7].

Машинная технологий уборки корнеклубнеплодов с применением картофелеуборочных комбайнов, в настоящее время, является наиболее перспективной [5, 7, 8]. При уборке картофеля с больших площадей в сжатые сроки возможна только

комбайнами, которые могут обеспечивать допустимую чистоту клубней в таре с минимальным количеством повреждённых корнеклубнеплодов. К тому же высокая стоимость данных уборочных машин ограничивает условия их применения: имеют возможность работать на лёгких и средних почвах, с высокой урожайностью, с полным или частичным отделением комков почвы и ботвы.

Ввиду актуальности данной темы и растущего объёма производства сельскохозяйственной продукции рассмотрим основные недостатки рабочих органов.

Существует ряд особенностей в технической оснащённости картофелеуборочных машин.

Комбайны, по способу агрегатирования существуют: прицепные, навесные, полунавесные и самоходные. По количеству убираемых рядков: в одно- и многорядном исполнении. В зависимости от рабочих механизмов подразделяются на комбайны с активным ножевым блоком – диски и ножи подвижно сочленены с рамой шарнирами, и пассивного типа – элементы, принимающие участие в выкапывании клубней, неподвижны.

Основные рабочие органы комбайна:

- подкапывающие (дисковые ножи, лемех);
- сепарирующие (прутковые элеваторы, комкодаватель, ботвоудаляющее устройство, транспортер-сепаратор, транспортер-переборщик, транспортер загрузки бункера).

Картофелеуборочный комбайн одновременно осуществляет комплекс задач: при помощи ножевых устройств рабочих органов снимает слой почвы с корнеплодами. На решетчатом транспортере почвенная масса и клубни частично разделяются и подаются на устройства очистки и сепарации для среза ботвы, удаления земли и выделения клубней мелких фракций. Картофель складывается в бункере перед погрузкой для перевозки. Положения дна бункера можно регулировать. На некоторых моделях перед бункером дополнительно монтируется сортировочный транспортер для ручной выборки бракованных плодов и посторонних предметов.

Картофелекопатели существуют двух типов: однорядные и двухрядные. Первые имеют особое строение, так как могут обрабатывать большие площади картофельного поля.

По функционированию и техническим моментам различают копатели:

- универсальные – подрывают грунт, частично очищают корнеклубнеплоды и оставляют их на почве.

- вибрационные – срезают лемехом почвенный слой. Попадая на решётчатый вращающийся ротор, почва измельчается и просеивается, а клубни швыряются на поверхность поля.

- транспортерные - похожи на вибрационные только вместо решётчатого ротора, здесь установлена движущаяся лента, которая лучше очищает клубни и не повреждает их.

Основные рабочие органы картофелекопателей:

1) подкапывающие (подрезающий лемех);

2) сепарирующие (прутковый элеватор, вращающийся ротор).

На основании проведенного анализа конструкций картофелеуборочных машин установлено, что разнообразие рабочих органов, установленных в разной комбинации, позволяет существенно расширить условия их использования, снизить сроки уборки и улучшить агротехнические показатели.

## Литература

1. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании комбайнов : Монография/ Н.В. Бышов., С.Н. Борычев, Н.И. Верещагин и др. – Рязань : РГАТУ: 2015. – 304 с.

2. Успенский, И.А. Сепарирующая горка с лопастным отбойным валиком/ И.А. Успенский, Р.В. Безносук, Г.К. Рембалович // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 2. – С. 57-59.

3. Рембалович, Г.К. Результаты исследований эксплуатационной надёжности органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин/ Г.К. Рембалович, Р.В. Безносюк, И.А. Успенский // Вестн. Моск. Гос. Агроинженерного университета им. В.П. Горячкина. – 2009. – № 3 (34). – С. 40-42.
4. Безносюк, Р.В. Интенсификация процесса разделения вороха на сепарирующих горках картофелеуборочных машин/ Р.В. Безносюк, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Том 1. – Рязань: 2009. – С. 57-59.
5. Костенко, М.Ю. Применение композиционных материалов в сельскохозяйственном машиностроении/ М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк, Н.С. Жбанов и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 223-227.
6. Рембалович, Г.К. Результаты испытаний картофелеуборочного комбайна с лопастным отбойным валиком сепарирующей горки/ Г.К. Рембалович, Р.В. Безносюк, И.А. Успенский // Вестн. Моск. Гос. Агроинженерного университета им. В.П. Горячкина. – 2013. – № 2(58). – С. 28-30.
7. Повышение надёжности картофелеуборочного комбайна совершенствованием органа вторичной сепарации/ Р.В. Безносюк, Г.К. Рембалович, Н.В. Бышов, И.А. Успенский // Материалы научно-практической конференции РГАТУ. – Рязань, 2011. – С. 98-101.
8. Безносюк, Р.В. Совершенствование органа выносной сепарации картофелеуборочных машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук/ Р.В. Безносюк. – Саранск, 2013. – 20 с.
9. Современная с.-х. техника и энергосберегающие технологии в хозяйствах Рязанской области/ Н.В. Бышов, А.М. Лопатин, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин // Сборник научных трудов, посвященный 55-летию инженерного факультета. – Рязань : РГСХА, 2005. – С. 43-47.
10. К вопросу о визуализации элементов эксплуатации машинно-тракторного парка в учебном процессе при подготовке специалистов инженерного профиля на базе НОУ УКК «Рязаньагровод» и ФГБОУ ВПО РГАТУ в рамках единого образовательного кластера/ А.Н. Бачурин, К.Н. Дрожжин, Д.О. Олейник и др. // Сборник научных трудов студентов магистратуры. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 64 -68.
11. Крыгин, С.Е. Использование самоходных картофелеуборочных комбайнов на полях Рязанской области/ С.Е. Крыгин, Р.В. Метёлкин // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 107-109.
12. Крыгин, С.Е. Технологии уборки картофеля и современные технические средства уборки/ Е.Е. Крыгина, С.Е. Крыгин // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 101-105.
13. Туркин, В.Н. Методика расчета линии тукосмешивания при выращивании картофеля/ В.Н. Туркин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2015. – С. 417-420.
14. Борычев, С.Н. Разработка опорного катка картофелеуборочного комбайна/ С.Н. Борычев, В.Д. Липин, И.В. Лучкова // Сб.: Теория и практика современной аграрной науки : Материалы III Национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием. – Новосибирск : ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 19-21.

15. Борычев, С.Н. Технологии уборки картофеля: общие вопросы/ С.Н. Борычев, И.В. Лучкова // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 71-75.

16. Лучкова, И.В. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы/ И.В. Лучкова, С.Н. Борычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2 (58). – С. 419-428.

17. Экологическая безопасность жизнедеятельности человека/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Н.Н. Казачёнок и др. – Рязань : РГАТУ, 2017. – 196 с.

18. Технологические элементы выращивания картофеля в ООО «Авангард» Рязанской области/ М.М. Крючков, В.Н. Овсянников, Д.В. Виноградов, И.Н. Шафеев // Сб.: Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля. – Рязань : РГАТУ, 2015. – С. 159-164.

19. Технология послеуборочной доработки и хранения картофеля/ С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Л.А. Маслова, Л.Б. Винникова // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 79-84.

20. Борычев, С.Н. Основы теоретических исследований картофеля/ С.Н. Борычев, А.Ф. Владимиров, Д.В. Колошеин // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции 26–27 апреля 2017 года. – Часть 2. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 58-62.

УДК 638.144.5

## ПРИГОТОВЛЕНИЕ КАНДИ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

*Н.С. Канунников<sup>1</sup>, Н.Е. Лузгин<sup>1</sup>, В.В. Коченов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Канди – один из наиболее распространённых и эффективных видов пчелиной подкормки, позволяющий подкормить насекомых в трудное для них время, а при необходимости это может быть и лечебное средство. О том, какие виды канди бывают, и как готовить такую подкормку дома, пойдёт речь в предлагаемой статье.

**Ключевые слова:** канди, подкормка, мед, сахарная пудра, пчела.

**Summary.** Kandy is one of the most common and effective types of bee feeding, which allows you to feed insects in difficult times, and if necessary, it can also be a therapeutic tool. About what types of Kandy are, and how to prepare such a top dressing at home, will be discussed in the proposed material.

**Key words:** kandy, top dressing, honey, powdered sugar, bee.

Канди – это особенная углеводная подкормка в виде теста из сахарной пудры и мёда с включением различных добавок. Изготавливается подкормка в форме лепёшек, толщина которых варьируется от 2 до 3 см, масса составляет 1 кг [1]. Лепёшки затем во избежание засыхания помещаются в обёртку и кладутся в ульи, если же нет насущной необходимости в подкормке пчёл, то герметично упакованное канди до наступления срока подкормки можно хранить в холодильнике.

Основное предназначение канди — зимняя подкормка и стимулирование увеличения семей пчёл в весенний и осенний периоды. Подкармливание пчёл продуктом проводится ежемесячно, но при условии отсутствия у насекомых иных запасов на зиму [2].

Варианты подкормки зависят от включаемых в неё добавок. Исходя из этого, канди бывают: *без добавок*, с цветочной пылью (используется толчёная обножка, отличается наибольшим содержанием белка, восстанавливает углеводный и белковый баланс, стимулирует выращивание расплода в случаях, когда нет цветущих медоносов или невозможен принос нектара из-за непогоды), *с нозематом* (используется лекарственный препарат для пчёл, содержащий антибиотики; применяется при лечении нозематоза у пчёл), *энергетическое* (предназначение – восстановление жизненных сил пчёл после зимовки), *витаминизированное с содержанием протеина* (предназначение – пополнение запасов в начале весны), *с тимолом* (применение – профилактика нозематоза, аскофероза и гнильцовых болезней), *с настойками трав* (используются мята, тысячелистник, календула, зверобой для укрепления иммунитета пчёл), *с кобальтом хлористым* (применяется в целях повышения белкового и углеводного запаса пчёл, ускорения синтеза цианокобаламина) [3, 4].

Канди содействует скорейшему восстановлению насекомых после зимы, оказывает благотворное воздействие на соты с яйцами, личинками и нимфами, а также блокирует развитие болезней в улье. Весной и осенью подкормка помогает пчелиной семье накопить жизненные силы, стимулирует пчёл к работе.

При приготовлении подкормки следует учитывать некоторые ключевые требования пчеловодства. Процентное соотношение основных составляющих: сахарная пудра – 73,8%; мёд – 26%; вода – 0,18%; уксус – 0,02%.

Мёд должен быть растоплен (на водяной бане) и доведён до температуры +40°C. Сахарная пудра должна быть одинакового состава, крупинки величиной не более 0,2 мм [5, 6].

Допускается перемалывание сахара на пудру при помощи кофемолки. Классическое приготовление: сахарная пудра всыпается в растопленный мёд, всё перемешивается, формируются лепёшки, которые потом фасуются по пакетам [7, 8].

#### *Простейшая подкормка с сахарной пудрой и мёдом*

Взять 0,25 кг мёда (преимущество лучше отдать светлому натуральному, т. к. такой продукт обладает минимальной кристаллизацией). Мёд налить в нержавеющей или эмалированную ёмкость. Мед разогреть на водяной бане до +40°C. Подготовить 0,75 кг высококачественного сахара. Сахар смолоть в кофемолке до состояния пудры. Полученную сахарную пудру смешать с мёдом. Добавить каплю уксуса и 1 ст. л. воды. Замешать тесто на тестомесильной машине [9, 10, 11]. Сформировать лепёшку (толщина – 2–3 см) [12]. Лепёшку поместить в пакет из полиэтилена (пергаментной бумаги) или обернуть двумя слоями марли. Таким канди обычно делают закармливание пчёл для подготовки их семейства к зимовке.

Добавление в канди фруктовых или каких-либо древесных (берёзовых, кленовых) соков запрещено – для пчёл эти соки чересчур кислые и к тому же имеют множество веществ, которые насекомые не могут переварить.

#### *Подкормка на инвертированном сахаре*

Инвертированный сахар – это сироп, состоящий из глюкозы и фруктозы, получаемый под воздействием тепла и лимонной кислоты. Для приготовления инвертированного сахара в кастрюлю влить 175 мл воды, добавить 225 г сахара и 0,5 г лимонной кислоты. Всё перемешать до полного растворения. Ёмкость с содержимым поставить на огонь. Непрерывно помешивая, довести до кипения и прекратить перемешивание. Убавить огонь до минимума и продолжить приготовление ещё от 20 до 120 минут: чем дольше приготовление – тем «янтарнее» цвет продукта. При снижении объёма сиропа на треть от исходного нужно влить 60 мл воды (это производится, если сахар готовится более 30–40 минут). Снять ёмкость с содержимым с огня и оставить для охлаждения до температуры +50...+70°C при комнатной температуре (если сироп будет использоваться сразу) [13].

Процентное соотношение составляющих подкормки: сахарная пудра – 70%; инвертированный сахар – 29,8%; вода – 0,1%; уксус – 0,03%. Порядок получения такой подкормки следующий (без указания количества ингредиентов):

- приготовить сахар высокого качества и перемолоть его в кофемолке до состояния пудры.

- в охлаждённый (или нагретый, если готовился предварительно) до температуры +50...+70°C сироп засыпать полученную сахарную пудру.

- добавить воды и уксуса.

- размешать тесто.

- сформировать лепёшки, которые затем поместить в пакеты.

#### *Подкормка с мукой*

Такая подкормка обычно даётся в феврале, когда у пчёл начинается дефицит перги. Процентное соотношение составляющих: сахар – 74%; мука – 24%; вода – 2%. Алгоритм действий по приготовлению (без указания количества ингредиентов) такой: В нержавеющей или эмалированной ёмкости довести воду до кипения. В кипящей воде растворить сахар. В полученный сироп понемногу всыпать муку. Варить на малом огне, постоянно помешивая до готовности. Тесто замесить до затвердевания.

#### *Подкормка с сухим молоком*

Алгоритм приготовления подкормки с сухим молоком следующий. Подготавливается 10 кг сахарной пудры. На водяной бане растапливается 3 кг мёда. Растопленный мёд вливается в сахарную пудру (можно и наоборот – в мёд засыпается пудра). Добавляют 1 кг сухого молока и 2–3 ст. л. воды. Из полученной смеси готовится канди – тесто, которое затем расфасовывается по пакетам.

#### *Скармливание канди*

Готовая подкормка кладётся в улей непосредственно на рамки. В этом месте у насекомых хороший доступ к канди снизу и с боковых сторон. Перед тем как расположить в улье, подкормка оборачивается одним из материалов (на выбор): полиэтиленовым пакетом с небольшими отверстиями (если отверстий нет изначально – их следует сделать), многослойной марлей или пергаментной бумагой (в этом случае в ней тоже необходимо сделать отверстия) [13, 14].

На зимний период одной пчелиной семье будет достаточно 3–5-килограммовой «лепёшки» канди. Если канди закладывается с лечебной целью или с лекарствами – доза подкормки уменьшается в 1,5–2 раза. Если подкормка хранилась в холодильнике, то перед помещением в улей её надо согреть, минимально — до температуры +15... +25°C, оптимально – +35...+37°C.

Во избежание кристаллизации канди в омшанике (утеплённом помещении для зимовки пчёл) должна постоянно поддерживаться плюсовая температура.

Время подкормки пчёл зависит от сезона. Опытные пчеловоды советуют: зимой подкармливание делать по необходимости. Раз в месяц следует давать одну лепёшку, при обнаружении её спустя некоторое время недоеденной – заменить на новую. В весеннюю пору подкормка должна быть белково-углеводной, в это время подкармливать пчёл нужно либо в два раза чаще, либо можно положить вдвое большую порцию. Приготовление канди – дело несложное и не особо хлопотное. Самые скромные затраты, точное соблюдение рецептов и рекомендаций спустя некоторое время обернутся отдачей в виде вкуснейшего и полезного пчелиного продукта.

## Литература

1. Лузгин, Н.Е. Эффективность скармливания подкормок пчелам/ Н.Е. Лузгин, Е.С. Лузгина // Сб.: Инновационная деятельность в модернизации АПК : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 3 частях. – Курск, 2017. – С. 72-75.

2. Утолин, В.В. Способы и средства механизации приготовления тестообразных подкормок для пчел и их компонентов/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Е.С. Лузгина // Сб.: Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – 2016. – Вып. 12. – С. 233-237.
3. Некрашевич, В.Ф. Эффективность использования различных видов подкормок для пчел/ В.Ф. Некрашевич, Н.Е. Лузгин, С.В. Корнилов // Сб.: Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и аспирантов инженерно-экономического института. – Рязань, 2009. – С. 77-80.
4. Лузгин, Н.Е. Способы подкормки пчел/ Н.Е. Лузгин, Н.А. Грунин // Сб.: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий : Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – С.50-51.
5. Процесс приготовления сахаро-медового теста для пчел/ Н.Е. Лузгин, В.В. Горшков, Е.С. Лузгина, М.В. Зинган // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань, 2017. – С. 146-149.
6. Состав тестообразной подкормки для пчел/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, Е.С. Лузгина, М.В. Зинган // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань, 2017. – С. 149-153.
7. Устройство для приготовления тестообразной подкормки для пчел/ Н.Е. Лузгин, В.Д. Липин, Е.С. Лузгина и др. // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы научно-практической конференции с международным участием – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 40-45.
8. Линия приготовления тестообразной подкормки для пчел/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, В.В. Коченов, Е.С. Лузгина // Сб.: Агропромышленный комплекс: контуры будущего : Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск, 2018. – С. 232-236.
9. Испытания спирального смесителя в производственных условиях/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Е.Е. Гришков и др. // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 26-27.
10. Обзор смесителей вязких густых сред/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, В.В. Горшков, Е.С. Лузгина // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2017. – № 1 (4). – С. 72-78.
11. Анализ конструкций смесителей/ В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, Н.Е. Лузгин и др. // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2017. – С. 187-194.
12. Установка для брикетирования канди/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, В.В. Коченов и др. // Сб.: Теоретические и практические проблемы развития уголовно-исполнительной системы в Российской Федерации и за рубежом : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2018. – С. 1282-1288.
13. Лузгин, Н.Е. Методика и результаты исследования распределения влаги в грануле подкормки/ Н.Е. Лузгин, Е.С. Лузгина // Сб.: Инновационная деятельность в модернизации АПК : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 частях. – Курск, 2017. – С. 75-78.
14. Пат. РФ 2557431 С1. Способ получения подкормки для пчел/ Некрашевич В.Ф., Лузгин Н.Е., Грунин Н.А., Липин В.Д., Нагаев Н.Б., Исаев А.Е. – Бюл. № 20, 20.07.2015.
15. Анализ существующих технологий приготовления подкормки для пчел/ В.В. Утолин, В.М. Ульянов, В.В. Коченов и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 464-470.

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

*А.А. Кильдишев<sup>1</sup>, К.А. Забара<sup>1</sup>, А.В. Шемякин<sup>1</sup>*

*ФГБОУ ВО РГТАУ, г. Рязань*

**Аннотация.** Хранение сельскохозяйственной техники в межсезонный период является важным технологическим процессом, от качественного выполнения которого зависит эксплуатационная надежность машин. В статье рассматриваются пути решения проблемы сохранности сельскохозяйственной техники в период длительного хранения. Представленный анализ отражает современный подход к созданию надлежащих условий хранения машин и поддержанию техники в технически исправном состоянии.

**Ключевые слова:** *хранение, техника, сохранность, разрушение.*

**Summary.** Storage of agricultural machinery in the off-season period is an important technological process, the quality of which depends on the operational reliability of machines. The article discusses ways to solve the problem of safety of agricultural machinery during long-term storage. The presented analysis reflects a modern approach to creating appropriate conditions for storing machines and maintaining equipment in technically sound condition.

**Key words:** *storage, equipment, safety, destruction.*

Коррозия – это разрушение материалов в результате химического взаимодействия с окружающей средой. Последствия коррозии многочисленны и разнообразны, и их влияние на безопасную, надежную и эффективную эксплуатацию оборудования или конструкций зачастую более серьезно, чем простая потеря массы металла. Отказы различного рода и необходимость в дорогостоящих заменах могут возникать даже в тех случаях, когда количество разрушенного металла незначительно. Некоторые из основных негативных последствий коррозии можно резюмировать следующим образом:

- 1) уменьшение толщины металла, приводящее к потере механической прочности и разрушению или поломке конструкции;
  - 2) опасности или травмы людей, возникающие в результате разрушения или поломки конструкций (например, автомобилей или техники сельскохозяйственного назначения);
  - 3) снижение стоимости продукции из-за ухудшения внешнего вида;
  - 4) загрязнение жидкостей в сосудах и трубах;
  - 5) потеря технически важных поверхностных свойств металлического компонента.
- К ним можно отнести фрикционные и несущие свойства, легкость протекания жидкости по поверхности трубы;
- 6) механическое повреждение клапанов, насосов и т.д. или засорение труб твердыми продуктами коррозии.

Потери металла конструктивных элементов сельскохозяйственных машин из-за коррозионного разрушения являются одним из факторов, оказывающих негативное влияние на прочностные характеристики техники в процессе эксплуатации [1–3]. Причинами возникновения очагов коррозии на металлических поверхностях машин и оборудования являются не только конструктивные недостатки, но и отсутствие надлежащего технического обслуживания в период эксплуатации, а также при подготовке техники к длительному хранению [4, 5]. Немаловажную роль в протекании коррозионного процесса играют условия хранения машин в межсезонный период [6–8]. Рассмотрим современные подходы к обеспечению сохранности машин при хранении.

В работе [9] авторы предлагают для хранения техники использовать весь объем закрытого помещения. С этой целью оборудование предлагается размещать на трех уровнях.

На первом нижнем уровне целесообразно расположить силовое оборудование. Второй уровень включает малогабаритную сельскохозяйственную технику – культиваторы, сеялки, машины для защиты растений. Данный образуется с помощью Г-образных платформ, управляемых четырехзвенными механизмами, прикрепленными к фасадной стене и осуществляющими подъем сельскохозяйственных машин, закрепленных на платформах. На третьем уровне с помощью кронштейнов подвешиваются контейнеры с запасными частями для машин. Данное решение применимо для хранения технологических машин и оборудования небольших размеров и массы, в то время как размещение в гараже, например, зерноуборочного комбайна, не позволит установить над ним дополнительных уровней.

Как уже отмечалось выше в большинстве случаев машины сельскохозяйственного назначения, как в прочем и в других сферах производственной деятельности, хранятся на открытых площадках, где подвергаются разрушительному воздействию атмосферных факторов [10, 11]. В процессе такого хранения на поверхностях машин нередко образуется тонкая пленка влаги, вызванная перепадами температур в течение дня или атмосферными осадками. Наличие влаги на металлических элементах конструкции машин приводит к возникновению очагов коррозионного разрушения, особенно в тех местах, где лакокрасочное покрытие имеет дефекты. Также активно процессы атмосферной коррозии протекают в различных видах соединений металлических деталей машин (резьбовых, сварных и т.д.), т.к. капли воды легко проникают между сопрягаемыми элементами машин, а их удаление или высыхание занимает более продолжительное время, чем на открытых поверхностях. Атмосферная коррозия металлических конструкций в наружных атмосферах, представляющая собой одну из наиболее тяжелых форм коррозии, приводит к огромным экономическим и конструктивным потерям [12].

Для предотвращения коррозионного разрушения металла при открытом способе хранения техники могут быть использованы консервационные материалы на масляной основе, которые показали высокую эффективность по защите металлических поверхностей. Ингибиторы коррозии также обеспечивают надежную защиту от атмосферной коррозии. Летучий ингибитор коррозии Ифхан-114 эффективно подавляет локальную коррозию углеродистой стали в атмосферных условиях при концентрации стимулирующих микропримесей в воздухе (аммиак, сероводород, углекислый газ), многократно превышающей фоновые значения. Возможность использования ингибиторов коррозии для защиты черных и цветных металлов рассматриваются также в работах.

Для нанесения консервационных покрытий на обрабатываемую поверхность сельскохозяйственной техники используется как ручной способ, так и нанесения противокоррозионного материала механизированным способом с помощью специального оборудования [13–15]. В настоящее время промышленностью выпускается широкий спектр такого оборудования, отличающегося в основном функциональным оснащением. В работе [16] авторы рассматривают конструкцию установки для приготовления и нанесения защитного материала на обрабатываемую поверхность, которая включает систему косвенного нагрева смазочного материала индукционным нагревателем через теплоноситель. Применение рассматриваемой установки позволяет снизить удельные затраты энергии при приготовлении защитных композиционных материалов.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время спектр технических решений и материалов, предназначенных для снижения коррозионных потерь металлических элементов конструкций машин различного назначения при хранении, достаточно широк. Следует объективно отметить, что нередко на предприятиях АПК отсутствует возможность использования передовых технологий в данной области, т.к. их применение требует значительных материальных затрат. Следовательно, существует потребность в разработке технологии подготовки сельскохозяйственной техники к хранению с использованием существующей материально-технической базы хозяйств, что позволит минимизировать затраты материальных и трудовых ресурсов на выполнение данного технологического процесса.

## Литература

1. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии/ С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, И.А. Киселев // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 90-94.
2. Развитие системы межсезонного хранения сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 112 с.
3. Перспективы организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в сельском хозяйстве/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 95 с.
4. Андреев, К.П. Хранение сельскохозяйственной техники: проблемы и решения/ К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1. – С. 11-14.
5. Андреев, К.П. Подготовка сельскохозяйственной техники к хранению/ К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 9. – С. 36-39.
6. Терентьев, В.В. Обеспечение противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники при хранении / В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Сб.: Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : Материалы научно-практической конференции. – 2017. – С. 472-475.
7. Условия осаждения покрытий латуни в процессе ремонта сельскохозяйственной техники/ С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов, А.В. Шемякин и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2017. – Т. 7. – № 4 (25). – С. 39-48
8. Совершенствование технологии хранения сельскохозяйственной техники/ К.П. Андреев, К.А. Забара, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 7. – С. 32-38.
9. Development of constructive-technological scheme of parking for agricultural machinery/ N. Skuryatin, A. Novitsky, A. Zhiltsov, E. Soloviev // Engineering for Rural Development 18. Sep. 18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings. – 2019. – № 369. – Pp. 239-246.
10. Мелькумова, Т.В. Защита резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники/ Т.В. Мелькумова, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев // Международный научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 62-65.
11. Повышение сохранности резинотехнических изделий/ Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 36-37.
12. Десятов, Ю.В. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении/ Ю.В. Десятов, В.В. Терентьев, М.Б. Латышенок // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 184-185.
13. Роль наполнителя в составе жидкого консерванта для противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственного оборудования/ А.А. Будылкин, М.Б. Латышенок, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб.: Вавиловские чтения : Материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2010. – Т. 3 – С. 281-282.
14. Применение метода катодной протекторной защиты для противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственного оборудования/ И.В. Зарубин, М.Б. Латышенок, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб.: Вавиловские чтения : Материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2010. – Т. 3. – С. 299-300.

15. Пат. РФ № 2013145119/04. Защитная смазка для стыковых и сварных соединений деталей сельскохозяйственных машин/ Латышёнков М.Б., Шемякин А.В., Терентьев В.В., Подъяблонский А.В. – Оpubл. 10.12.2014; Бюл. № 34.
16. Устройство для приготовления защитных составов при консервации сельскохозяйственной техники/ Е.Б. Миронов, Е.А. Лисунов, А.Е. Крупин, Е.М. Тарукин // Вестник Мордовского университета. – 2016 – Т. 26 – № 4 – С. 490-498.
17. Бережная И.Ш. Обеспечение работоспособности оборудования перерабатывающих предприятий/ И.Ш. Бережная // Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий : Материалы XVIII Международной научно-производственной конференции. – 2014. – С. 144.
18. Водолазская, Н.В. Проблема повышения долговечности деталей машин, эксплуатируемых в агрессивных средах/ Н.В. Водолазская, Д.А. Шевченко // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво.– Суми: СумДУ, 2010. – С. 25-27.
19. Страхов, В.Ю. Композиционные материалы в АПК/ В.Ю. Страхов, Н.В. Водолазская // Материалы Международной студенческой научной конференции. – 2015. – С. 30.
20. Утолин, В.В. Технология и устройство для механической очистки деталей животноводческих машин от консервационного материала/ В.В. Утолин, А.В. Подъяблонский, Е.В. Старшинова // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – Рязань : РГАТУ, 2015. – № 1. – С. 194-198.
21. Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery/ I.I. Gabitov, S.Z. Insafuddinov, Y. Ivanov et al. // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Т. 18. – № 1. – Pp. 70-80.

УДК 631.356.46

## ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ПЕРЕБОРЩИКОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ККС-1

*С.Е. Крыгин<sup>1</sup>, В.В. Коченов<sup>1</sup>, И.Ю. Юдаев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Представлены результаты соматографического анализа рабочего места рабочих-переборщиков на картофелеуборочном комбайне ККС-1. По результатам измерения элементов конструкции, наблюдений за рабочими переборщиками при полевых испытаниях картофелеуборочного комбайна определены их основные трудовые действия, опираясь на антропометрические характеристики выявлены несоответствия параметров рабочего места и предложены рекомендации по их устранению.

**Ключевые слова:** *картофелеуборочные комбайны, рабочие переборщики, рабочее место, переборочный стол, примеси*

**Summary.** The results of the somatographic analysis of the workplace of workers-bulkheads on the KKS-1 potato harvester are presented. Based on the results of measurement of structural elements, observations of workers who are overworked during field tests of a potato harvester, their main labor actions are determined, based on anthropometric characteristics, inconsistencies in workplace parameters are identified and recommendations for their elimination are proposed.

**Key words:** *potato harvesters, working bulkheads, workplace, bulkhead table, impurities*

Уборка картофеля трудоемкая операция, которая во многом определяет результаты и эффективность отрасли. Выбор способа и технологии уборки в каждом хозяйстве определяется в зависимости от природно-производственных условий, формы организации работы уборочных и транспортных агрегатов, применяемых машин [1, 2].

В Рязанской области крупные хозяйства уборку картофеля проводят комбайнами по поточной без сортирования (прямоточной) или поточной (с сортированием клубней на стационаре) технологиям [1].

В настоящее время для уборки картофеля широко применяются картофелеуборочные комбайны с рабочими органами для выделения из вороха почвенных, растительных примесей и камней. Работы по совершенствованию таких рабочих органов и изысканию новых конструктивных решений, ведутся в ряде научных и учебных учреждений страны [3, 4, 5]. В настоящее время ещё не созданы достаточно надежные и производительные рабочие органы для полного отделения клубней от прочных почвенных комков и камней, даже на самых современных картофелеуборочных комбайнах, как и тридцать лет назад, предусмотрены переборочные столы на которых вручную рабочие – переборщики выбирают посторонние примеси [1, 6].

В экспериментальном однорядном картофелеуборочном комбайне ККС-1 на переборочном столе ленточного типа для ручного отбора примесей может работать до четырех рабочих [7, 8].

В ходе испытаний нами проводилась оценка эргономичности рабочих мест переборщиков в соответствии с ГОСТ Р 54781-2011 «Машины для уборки картофеля. Методы испытаний». Г.Д. Петровым были определены рациональные параметры рабочего места переборщика на картофелеуборочном комбайне [1].

Целью исследований была проверка принятых конструктивных решений и разработка рекомендаций по устранению выявленных недостатков. Нами были произведены измерения параметров рабочего места рабочих-переборщиков (рисунок 1 и 2). Рабочее место должно обеспечивать безопасные и комфортные условия труда, а его размеры обосновываются исходя из средних статических антропометрических характеристик и амплитуд движения частей тела рабочего [9, 10]. В качестве рабочих-переборщиков одинаково могут работать как мужчины, так и женщины, в этом случае рекомендуется нижняя граница антропометрических характеристик соответствующая 50-му перцентилю для женщин, а верхняя соответствующая 95-му перцентилю для мужчин [9].



Рисунок 1 – Измерение ширины переборочного стола



Рисунок 2 – Определение параметров площадки и сиденья

Для анализа рабочего места существующей машины применим метод соматографии [9, 10]. При соматографии в масштабе вычерчивается оборудование и помещается схематическое изображение тела человека в различных положениях при выполнении трудовых функций (рисунок 3).

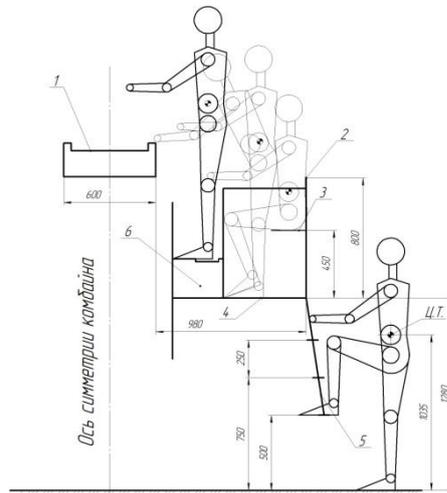


Рисунок 3 – Соматографический анализ положения тела рабочего-переборщика при подъёме и работе на площадке картофелеуборочного комбайна ККС-1

Ручную корректировку процесса сепарации выполняют рабочие-переборщики, располагающиеся по обе стороны переборочного стола 1. Рабочие стоят на площадках 4, которые имеют защитное ограждение 2 и сиденье 3. Для подъема на площадку служит лестница-трап 5. Две идентичные площадки расположены симметрично продольной оси комбайна ККС-1 по бокам от основного сепарирующего элеватора с транспортерами примесей 6 над опорными колесами (рисунок 4).

Проведенный анализ позволил определить ряд несоответствий имеющейся конструкции площадки для размещения переборщиков рекомендациям [1,9]:

- перила ограждений 2 располагаются на высоте 800 мм относительно основания площадки 4, что ниже расположения центра тяжести (Ц.Т.) тела человека, в результате чего возможно падение работника находящегося в положении «стоя»;

- при работе в положение «сидя» на сиденье 3 работник для вынужден наклоняться вперед, чтобы дотянуться до поверхности переборочного стола (рисунок 1), что приводит к загруженности мышц спины, снижается точность и производительность отбора примесей из вороха;

- нахождение работника в положении «стоя» на кожухе транспортера примесей 6 не позволяют рабочим дотягиваться до поверхности переборочного стола 1;
- отобранные из вороха примеси рабочие выбрасывают за пределы площадки, что требует значительного поворота туловища или рук;
- расположение первой ступеньки лестницы-трапа 5 на высоте 500 мм от поверхности земли вызывает затруднения у низкорослых работников при подъеме на рабочую площадку 4, а допустимое расстояние между ступеньками 180...300 мм.



Рисунок 4 – Полевые исследования картофелеуборочного комбайна ККС-1

Наблюдение за переборщиками во время испытаний комбайна [7, 8] показали, что работники облакачиваются на край переборочного стола, при этом одна нога располагается на основании площадки 4, а вторая на кожухе транспортера примесей 6 (рисунок 4). Известно, что такая поза вызывает быструю утомляемость и может привести к развитию профессиональных заболеваний.

По результатам проведенного анализа выработаны следующие рекомендации:

- оптимальными по величине рабочей зоны, подвижности во время работы и особенностям деятельности для работы переборщиков следует признать рабочие положения «стоя» и «сидя-стоя»(переменное);
- для предотвращения несчастных случаев (падений) следует увеличить высоту расположения защитных ограждений до 1050 мм, а рабочие площадки опустить на 150...180 мм относительно переборочного стола;
- сиденье должно располагаться ближе к рабочей поверхности переборочного стола, оно может быть поворотным;
- для удаления отобранных примесей необходимо использовать отводящий желоб или транспортер расположенный на уровне переборочного стола [петров];
- предусмотреть возможность установки над рабочими переборщиками защитного тента от солнца и осадков;
- предусмотреть обратную связь переборщиков с трактористом посредством звуковой или световой сигнализации.

Выполнение указанных рекомендаций позволит обеспечить безопасные условия труда работников.

## Литература

1. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины/ Г.Д. Петров. – М. : Машиностроение, 1984. – 320 с.
2. Крыгина, Е.Е., Технологии уборки картофеля и современные технические средства уборки/ Е.Е. Крыгина, С.Е. Крыгин // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного

комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 101-105.

3. Борычев, С.Н. Современные пути решения проблем механизированной уборки картофеля/ С.Н. Борычев, Д.Н. Бышов // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 3(7). – С. 63-65.

4. Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах/ Р.В. Безносок, Д.Н. Бышов, С.Н. Борычев и др.// Вестник РГАТУ. – 2011. – № 4 (12). – С. 34-37.

5. Галлямов, Ф.Н. Разработка и оптимизация параметров устройства регулирования глубины хода подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук/ Ф.Н. Галлямов. – Уфа, 2004. – 158 с.

6. Технологии и машины для механизированной уборки картофеля (обзор, теория, расчет) : Монография/ С.Н. Борычев. – Рязань : РГСХА, 2006. – 220 с.

7. Крыгин, С.Е. Результаты испытаний однорядного картофелеуборочного комбайна ККС-1/ С.Е. Крыгин, Е.Е. Крыгина // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции 22 ноября 2018 года: в 2 частях. Часть 1. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 210-216.

8. Крыгин, С.Е. Исследование выделения растительных остатков рабочими органами картофелеуборочного комбайна ККС-1М/ С.Е. Крыгин, Е.Е. Крыгина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2020. – № 04(158). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/04/pdf/17.pdf>, <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-158-017>

9. Справочник по инженерной психологии. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.

10. Рунге, В.Ф. Эргономика в дизайне среды/ В.Ф. Рунге, Ю.П. Манусевич – М. : Архитектура-С, 2005. – 327 с.

11. Компьютеризация эргономической подготовки инженерных кадров АПК/ Е.А. Лавров, Н.В. Водолазская, Н.Б. Пасько, А.С. Криводуб // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2015. – № 1 (5). – С. 11-17.

12. Пат. РФ № 2541384. Картофелеуборочная машина/ Бышов Н.В., Тришкин И.Б., Бышов Д.Н., Липин В.Д., Родионов В.В., Липина Т.В. – Опубл. 10.12.2014; Бюл. № 34.

13. Пат. РФ № 147048. Картофелекопатель/ Бышов Н.В., Тришкин И.Б., Липин В.Д., Бышов Д.Н., Липина Т.В. – Опубл. 27.10.2014; Бюл. № 30.

14. Туркин, В.Н. Методика расчета линии тукосмешивания при выращивании картофеля/ В.Н. Туркин // Сб.: Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2015. – С. 417-420.

15. Лучкова И.В. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы/ И.В. Лучкова, С.Н. Борычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2 (58). – С. 419-428.

16. Выращивание ранних сортов картофеля при использовании биопрепарата Изабион/ Г.Б. Прибылова, Е.И. Лупова и др. // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань, 2020. – С. 393-396.

17. Терехина, О.Н. Влияние биологических препаратов на урожайность и качество картофеля в условиях Рязанской области/ О.Н. Терехина, Д.В. Виноградов // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 463-467.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

*В.И. Курдюмов<sup>1</sup>, И.Е. Сиднева<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Ульяновск

**Аннотация.** В статье обоснована актуальность темы исследования, заключающаяся в необходимости поиска инженерного решения проблемы неравномерности распределения удобрений по поверхности поля. Указаны негативные последствия неравномерности распределения удобрений. Предложена конструкция рабочего органа разбрасывателя минеральных удобрений, способствующего повышению равномерности их распределения.

**Ключевые слова:** *разбрасыватель минеральных удобрений, рабочий орган разбрасывателя.*

**Summary.** The article substantiates the relevance of the research topic, which consists in the need to find an engineering solution to the problem of uneven distribution of fertilizers over the field surface. The negative consequences of the uneven distribution of the fertilizers are indicated. The design of the working tool of the mineral fertilizer spreader, which contributes to increase the uniformity of its distribution, is proposed.

**Key words:** *mineral fertilizer spreader, the working tool of spreader.*

Неотъемлемой частью современного растениеводства стало использование различного рода химикатов, способствующих повышению урожайности сельскохозяйственных культур, более быстрому их созреванию, а также защите от вредителей и болезней. Минеральные удобрения широко применяются как при основной подготовке почвы к посеву или посадке, так и в процессе роста культур. При этом, учитывая немалый уровень цен на минеральные удобрения, важно бережно использовать содержащиеся в них питательные вещества, для чего удобрения необходимо точно распределять по поверхности поля.

Как показывает наука и практика использования удобрений, грамотное системное их применение позволяет более чем в полтора раза увеличить урожайность растений. Но при этом основополагающим фактором является характер распределения удобрений по поверхности почвы. Неравномерность распределения удобрений приводит к ряду негативных последствий, таких как снижение урожайности вследствие недостаточной дозы удобрений на одних участках и перенасыщенность почвы удобрениями вследствие избыточной дозы на других. Превышение допустимой дозы удобрений не только может уничтожить урожай, но и наносит огромный вред окружающей среде.

Большинство современных машин для внесения удобрений не обеспечивают установленную агротехническими требованиями неравномерность внесения, поэтому поиск инженерных решений, способствующих повышению качества распределения минеральных удобрений по поверхности поля, по-прежнему актуален.

При основном внесении минеральных удобрений применяют, преимущественно, центробежные разбрасыватели, рабочими органами которых служат один или два диска, вращающихся вокруг вертикальной оси. На поверхности дисков располагаются лопатки, меняя положение которых, можно регулировать ширину и дальность разбрасывания частиц удобрений.

В ходе теоретического исследования было установлено, что на равномерность распределения удобрений оказывают влияние множество факторов, как случайных, не поддающихся контролю и своевременному устранению, так и технологических, устранить которые возможно путем усовершенствования конструкции рабочего органа разбрасывателя.

К числу случайных факторов относятся, например, изменение скорости ветра, повышенная влажность воздуха, неравномерный гранулометрический состав удобрений и др.

Технологическими факторами, вызывающими неравномерность распределения удобрений являются точность настройки рабочего органа (диска), точность соблюдения скорости и направления движения машины.

Поскольку на диске устанавливают несколько лопастей, то при его вращении образуется аналогичное количество секторов рассева вносимого в почву сыпучего материала. Сектора рассева смещены в направлении перемещения агрегата на некоторое расстояние - шаг рассева. Он пропорционален радиусу диска  $r$ , но обратно пропорционален числу лопастей  $n$  и кинематическому режиму  $\lambda$ , определяемому как отношение окружной скорости на диске  $\omega$  к поступательной скорости движения агрегата  $v_a$ . От шага рассева зависит равномерность распределения сыпучего материала по поверхности поля.

Расстояние, которое пролетает частица удобрений после своего схода с вращающегося диска, зависит от скорости рассева, веса частицы и силы аэродинамического сопротивления воздуха. Эти параметры также оказывают определенное влияние на равномерность распределения удобрений по поверхности поля.

На основании всего вышесказанного, а также проведенного анализа научно-технической литературы нами была разработан рабочий орган разбрасывателя минеральных удобрений (рисунок 1). Новизна технических решений предлагаемого рабочего органа подтверждена 2 патентами РФ на полезные модели.

Повышение равномерности распределения минеральных удобрений по поверхности поля достигается тем, что на верхней части конической поверхности устанавливают спиралевидные ворошители. Ширину прямых лопастей выполняют увеличивающейся в направлении от центра к периферии конической поверхности. Ширину криволинейных лопастей выполняют равной ширине периферийного края прямых лопастей. Криволинейные лопасти выполняют в форме спиралей и снабжают установленными шарнирно на их концах прямолинейными лопатками с возможностью фиксации в заданном положении.

Рабочий орган разбрасывателя минеральных удобрений работает следующим образом. Спиралевидные ворошители 6 обеспечивают бесперебойное поступление минеральных удобрений из бункера 5, предупреждая процесс образования сводов. Коническая поверхность 1 распределяет минеральные удобрения ровным слоем и обеспечивает направленное движение частиц удобрений вниз. Затем частицы удобрений, ускоренно двигаясь вдоль криволинейных лопастей 3, поступают на прямолинейные лопатки 8, и выбрасываются наружу. Изменяя положение прямолинейных лопаток 8, можно регулировать угол схода частиц удобрений, тем самым изменяя дальность отбрасывания частиц удобрений, обеспечивая лучшую равномерность их распределения по поверхности поля.

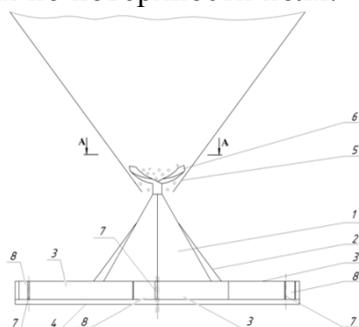


Рисунок 1 – Рабочий орган разбрасывателя минеральных удобрений. Общий вид

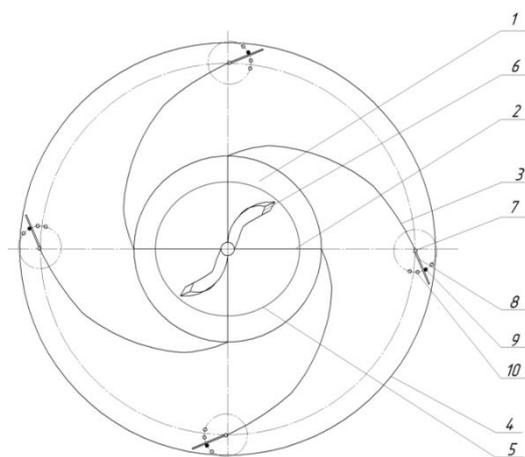


Рисунок 2 – Рабочий орган разбрасывателя минеральных удобрений. Разрез по А-А

При внесении минеральных удобрений с отличающимися физико-механическими свойствами изменяют частоту вращения рабочего органа и регулируют углы установки прямолинейных лопаток 8 относительно поверхности плоского диска 4 [1, 2].

Таким образом, предлагаемый рабочий орган разбрасывателя позволяет повысить равномерность распределения минеральных удобрений по поверхности поля, обеспечивая в дальнейшем повышение урожайности возделываемых культур.

### Литература

1. Пат. РФ № 2019126062. Рабочий орган разбрасывателя минеральных удобрений/ В.И. Курдюмов, И.Е. Сиднева. – Оpubл. 4.12.2019; Бюл. № 34.
2. Пат. РФ № 2019126064. Рабочий орган разбрасывателя минеральных удобрений/ В.И. Курдюмов, И.Е. Сиднева. – Оpubл. 5.12.2019; Бюл. № 34.
3. Страхов, В.Ю. Внесение минеральных удобрений/ В.Ю. Страхов, А.В. Мачкарин // Материалы Международной студенческой научной конференции. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. – С. 19.
4. Водолазская, Н.В. К вопросу повышения эксплуатационной надежности некоторых видов промышленного оборудования/ Н. В. Водолазская, А. Г. Минасян, О. А. Шарая // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – Краматорськ : ДДМА. – 2017. – № 1 (40). – 2017. – С. 48-53.
5. Лузгин, Н.Е. Теоретическое обоснование производительности скребкового транспортера-дозатора сыпучих минеральных удобрений/ Н.Е. Лузгин, В.Н. Туркин // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы научно-практической конференции с международным участием. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 66-70.
6. Туркин, В.Н. Повышение эффективности современного растениеводства и агрохимии посредством получения и использования биологизированных удобрений и тукосмесей/ В.Н. Туркин // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 91-94.
7. Рычков, В.А. О механизации приготовления тукосмесей и биологизированных минеральных удобрений/ В.А. Рычков, С.С. Васильев, В.Н. Туркин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – Рязань : ГНУ ВНИМС, 2014. – № 6. – С. 27-32.
8. Туркин, В.Н. Оптимизация применения минеральных и биологизированных удобрений с использованием тукосмесительных машин нового поколения/ В.Н. Туркин, А.С. Комягин // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и

рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 350-354.

9. Макарова, М.П. Применение минеральных удобрений в посевах подсолнечника в условиях Рязанской области/ М.П. Макарова, Д.В. Виноградов // Сб.: Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 280-285.

УДК 621.311:63

## К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

*А.Г. Лешуков<sup>1</sup>, В.И. Брагин<sup>1</sup>, И.В. Никонов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы улучшения условий электроснабжения производственных предприятий агропромышленного комплекса. Перспективным считается развитие использования резистивного нейтрального заземления.

**Ключевые слова:** электроснабжение, заземление, нейтральный режим, резистор.

**Summary.** Issues of improvement of power supply conditions of agro-industrial enterprises are considered. The development of the use of resistive neutral grounding is considered promising.

**Key words:** power supply, grounding, neutral mode, resistor.

Для промышленного электроснабжения в настоящее время в России широко используется трехфазная система переменного тока с частотой 50 Гц при различных напряжениях от 750 кВ при передаче электроэнергии потребителям на большие расстояния до 0,4 кВ.

Потребители электрической энергии образуют трехфазную нагрузку, соединенную либо в звезде с изолированным нейтральным проводником, либо в дельте. В этих условиях напряжения всех трех фаз относительно заземленных частей электрооборудования при нормальной работе электроустановки равны и смещаются на 120 электрических градусов относительно друг друга, а значит, потенциал нейтральных точек генераторов и трансформаторов относительно Земли равен нулю. Очевидно, что способ подключения нейтрального проводника к массе в таких условиях при нормальной работе не влияет на значение сетевых напряжений и, следовательно, на работу потребителей [1, 2, 3, 4, 5].

Однако во время работы следует учитывать возможность различных повреждений электрооборудования. Чаще всего возникают нарушения изоляции между фазой и землей, называемые однофазными замыканиями на землю.

В прошлом режим заземления определялся не на основе расчетов или теорий, а на основе принадлежности сетей к определенному классу напряжения. Поэтому в сетях среднего напряжения часто использовался изолированный нейтральный режим. В последние годы на основе результатов многочисленных научных исследований, а также отечественного и зарубежного опыта в отечественной энергетике наблюдается устойчивая тенденция к частичному пересмотру нейтральных режимов заземления в электроустановках от 6 до 35 кВ, обычно называемых электрическими установками среднего напряжения. В частности, предлагаются и внедряются на практике следующие методы нейтрального заземления [6, 7, 8, 9, 10]:

- заземление нейтрального провода элементами, компенсирующими как емкостные, так и активные компоненты тока в месте неисправности;
- заземление активным сопротивлением (резистивное заземление) в сетях с относительно низкой общей длиной линии и, в частности, в сетях свободной линии;

- комбинированное нейтральное заземление в электрических сетях с большой общей длиной проводов, что заключается в том, что дополнительно резистор переключается параллельно дросселю подавления дуги с сопротивлением, выбранным определенным образом.

До недавнего времени широкое использование изолированного нейтрального режима было обусловлено способностью обеспечивать потребителям достаточно высокую надежность электроснабжения при минимальных капитальных затратах. Однако опыт работы таких сетей позволил выявить существенные недостатки этого режима заземления [11, 2, 13, 14, 15]. Например, в случае множественных коммутаций возникают перенапряжения дуги и сбои изоляции на первоначально неповрежденных ответвлениях, возникает несколько повреждений изоляции, повреждаются преобразователи напряжения. Если правильная работа релейной защиты от нарушена, существует риск поражения электрическим током для персонала и несанкционированных лиц во время долгосрочного существования аварийного режима в сети.

Из-за такого количества недостатков изолированный нейтральный режим в сетях 6–35 кВ был исключен в 40–50-х годах прошлого века в подавляющем большинстве стран Европы, Северной и Южной Америки, Австралии и других стран. В последнее время в Российской Федерации становится все более заметной тенденция постепенного перехода от режимов изолированного и компенсированного нейтрала к режимам резистивного или комбинированного нейтрала.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю с использованием подавления дуги дроссель применяется для уменьшения тока замыкания на землю. Снизить скорость восстановления напряжения на поврежденной фазе после гашения дуги заземляющего электрода, во время скачков уменьшить эффект повторного зажигания дуги и создать условия для ее гашения. С точки зрения исторической последовательности возникновения этот метод нейтрального заземления является вторым. Он был предложен немецким инженером Петерсеном в 20-х годах прошлого века. Этот метод нейтрального заземления обычно находит применение в разветвленных кабельных сетях промышленных предприятий и городов.

Дроссель подавления дуги производит двойной эффект в случае замыкания на землю: во-первых, он уменьшает (компенсирует) ток в точке неисправности, а во-вторых, замедляет восстановление напряжения на поврежденной фазе после разрыва дуги. Оба обстоятельства способствуют гашению дуги.

Нейтральный режим заземления через резистор относительно новый и используется в России в ограниченном количестве сетей с напряжением 6-35 кВ. Однако, несмотря на положительный опыт, не произошло развития использования резистивного нейтрального заземления.

## Литература

1. Бышов, Д.Н. Повышение эффективности очистки воскового сырья с применением специальной механизированной технологии/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 318-321.
2. Пат. РФ № 2656968 А01К 51/00. Способ очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов. – Опубл. 07.06.2018; Бюл. № 16.
3. Пат. РФ № 2672403 А01К 59/06. Установка для очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов и др. – Опубл. 14.11.2018; Бюл. № 32.
4. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Н. Бышов и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (135). – С. 115-122.

5. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Образование, наука, практика: инновационный аспект : Материалы Международной научно-практической конференции. Том II. – Пенза : Изд-во РИО ПГСХА, 2015. – С. 280-282.

6. Бышов, Д.Н. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 2 (143). – С. 150-156.

7. Бышов, Д.Н. Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (125). – С. 115-121.

8. Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества/ Н.В. Бышов и др. // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 145-149.

9. Бышов, Д.Н. К вопросу механизации очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности: сб. материалов Всероссийской науч.-пр. конф. – Орел, 2017. – С. 45-48.

10. Бышов, Д.Н. К вопросу механизированной очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Аграрная наука в инновационном развитии АПК : Материалы Международного молодежного аграрного форума. – Мичуринск, 2018. – С. 49-55.

11. Бышов, Д.Н. Повышение эффективности очистки воскового сырья с применением специальной механизированной технологии/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых : Материалы VII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 293-298.

12. Павлов, В.В. Исследование процесса растворения загрязняющих примесей воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании/ В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 4 (36). – С. 126-132.

13. Бышов, Д.Н. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № 2.

14. Бышов, Д.Н. Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2016. – С. 463-465.

15. Бышов, Д.Н. Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 1 (33). – С. 69-74.

**УДК 621.311:63**

## **К ВОПРОСУ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

*А.Г. Лешуков<sup>1</sup>, В.И. Брагин<sup>1</sup>, И.В. Никонов<sup>1</sup>*

*ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань*

**Аннотация.** В статье представлены рекомендации по эксплуатации трансформаторов на подстанциях с системой регулирования их загрузки. Данный подход позволяет открыть новые возможности для обнаружения дефектов, появляется возможность диагностики под нагрузкой.

**Ключевые слова:** *напряжение, трансформатор, регулирование, эксплуатация.*

**Summary.** The article presents recommendations for the operation of transformers in substations with their load control system. This approach opens up new possibilities for detecting defects, there is the possibility of diagnostics under load.

**Key words:** *voltage, transformer, regulation, operation.*

Основным и самым дорогим рабочим элементом любой трансформаторной подстанции является трансформатор, поэтому требования, предъявляемые к его эксплуатации, весьма строгие. Выход трансформатора из строя неизбежно повлечет за собой существенный экономический урон, как в системе подстанционного оборудования, так и у потребителей электроэнергии [1, 2, 3]. Часто аварийные ситуации, возникающие во время выхода трансформатора из строя, сопровождаются пожарами, а в ряде случаев и серьезными повреждениями электрооборудования трансформаторных подстанций. Поэтому необходимо принять все необходимые меры, исключающие возможность возникновения таких аварийных ситуаций.

Для обеспечения надежной работы сельскохозяйственных потребителей электроэнергии необходимо поддерживать на шинах трансформаторных подстанций величину напряжения, соответствующую требованиям ГОСТ [4, 5, 6].

Одним из наиболее распространённых технологических приемов, обеспечивающих стабилизацию значения напряжения на шинах трансформаторных подстанций, является переключение отводов непосредственно на силовых трансформаторах. Для решения задачи переключения под высоким напряжением, автотрансформаторы снабжены устройствами контроля и специальными переключателями силовых обмоток – анцапфами. Переключения обмоток на протяжении суток осуществляются многократно, так как ситуация с потреблением электроэнергии непрерывно меняется.

Переключающее устройство является весьма ответственным и уязвимым с технической точки зрения узлом, от которого зависит надежность работы всего трансформатора.

Принцип работы устройства переключения отводов силового трансформатора заключается в том, что переключение происходит, как правило, по высокой стороне, где меньше величина коммутационных токов, а следовательно, условия эксплуатации всего оборудования менее жесткие.

Статистические исследования, проведенные в промышленно развитых странах, показывают, что до 50% аварий, связанных с силовыми трансформаторами, возникают непосредственно по причине поломок устройства регулирования величины напряжения трансформатора под нагрузкой [7, 8, 9].

Развитие аварийных ситуаций в электроэнергетических устройствах в ряде случаев протекают по одному и тому же сценарию [10, 11, 12]. В процессе длительной эксплуатации устройства регулирования величины напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой возникают физические дефекты. Дефекты связаны с незначительным изменением геометрии контактных элементов или деформациями несущих узлов, вследствие этих изменений происходит нагрев коммутирующих элементов большими токами. В результате нагрева коммутирующих элементов в них возникают дополнительные дефекты, которые значительно больше допустимых, что неизбежно приводит к возникновению аварийных ситуаций.

Для контроля остаточного ресурса количество циклов переключений анцапф непрерывно отслеживается. При выработке ресурса данное устройство должно проходить техническое обслуживание или текущий ремонт.

Для обеспечения надежной работы данного устройства необходимо обеспечить комплексные мероприятия, предполагающие проведение контрольных мер, исключающих возникновения аварийных ситуаций, и своевременное проведение технического обслуживания и текущего ремонта. Анализ имеющихся в литературе данных показывает, что наиболее рациональным представляется следующий подход [13, 14, 15]:

- при проектировании энергосистемы необходимо располагать автотрансформаторы в узловых участках системы электроснабжения, что должно на стадии планирования электросистемы в целом привести к сокращению количества используемых силовых автотрансформаторов;

- необходимо еженедельно контролировать и заносить в журнал общую наработку изделия по количеству переключений;

- необходимо периодически проводить контроль температуры контактных групп, а при возможности контролировать спектр электромагнитных излучений, возникающих непосредственно вблизи контактной группы. Значительные изменения в напряженности и изменения частотного диапазона в зоне контактной группе свидетельствуют о начале критического износа токоведущих элементов.

Применение комплекса приведенных условий обеспечит увеличение надежности в два-три раза. Проведение технического обслуживания позволяет продлить срок эксплуатации оборудования. Так, для старого оборудования (эксплуатируемого более 10 лет) число коммутационных операций можно увеличить с 10 000 до 30 000. А для нового коммутационного оборудования (срок службы которого не превышает двух лет) количество коммутационных операций можно увеличить с 40 000 до 60 000. Рекомендуется через каждые 2-3 года, в том случае, если средний ресурс выработки системы переключения достигает 20 000, проводить отключение трансформатора и по необходимости контролировать износ контактных элементов, а также осуществлять его техническое обслуживание и ремонт. Необходимо также на стадии проектирования и строительства электросистемы проводить дублирование жизнеобеспечивающего подстанционного оборудования. Дублирование также возможно осуществлять и для наименее надежных элементов.

## Литература

1. Бышов, Д.Н. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ, 2016. – Спецвыпуск № 2. – Режим доступа://ejournal.omgau.ru/index.php 298

2. Бышов, Д.Н. Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2016. – С. 463-465.

3. Бышов, Д.Н. Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 1 (33). – С. 69-74.

4. Бышов, Д.Н. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д.Н. Бышов [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (135). – С. 115-122.

5. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Образование, наука, практика: инновационный аспект Материалы Международной научно-практической конференции. Том II – Пенза : Изд-во РИО ПГСХА, 2015. – С. 280-282.

6. Бышов, Д.Н. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 2 (143). – С. 150-156.

7. Бышов, Д.Н. Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (125). – С. 115-121.

8. Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества / Н.В. Бышов и др. // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 145-149.

9. Бышов, Д.Н. К вопросу механизации очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Орел, 2017. – С. 45-48.

10. Бышов, Д.Н. К вопросу механизированной очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Аграрная наука в инновационном развитии АПК : Материалы Международного молодежного аграрного форума. – Мичуринск, 2018. – С. 49-55.

11. Бышов, Д.Н. Повышение эффективности очистки воскового сырья с применением специальной механизированной технологии/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых : Материалы VII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 293-298.

12. Бышов, Д.Н. Повышение эффективности очистки воскового сырья с применением специальной механизированной технологии/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 318-321.

13. Пат. РФ № 2656968 А01К 51/00. Способ очистки воскового сырья/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов. – Заявл. 20.02.2017; опубл. 07.06.2018, бюл. № 16.

14. Пат. № 2672403 А01К 59/06 (Российская Федерация). Установка для очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов и др. – Заявл. 05.02.2018; опубл. 14.11.2018, бюл. № 32.

15. Павлов, В.В. Исследование процесса растворения загрязняющих примесей воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / В.В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 126-132.

**УДК632.982**

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*А.И. Лукучев<sup>1</sup>, М.Ю. Костенко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В данной статье проанализированы современные технологические средства для обработки растений. Изучены их особенности. Рассмотрены технические характеристики опрыскивателей и генератора тумана.

**Ключевые слова:** *штанговые опрыскиватели, генератор горячего тумана, вентиляторные опрыскиватели, технологические средства для обработки растений.*

**Summary.** This article analyzes modern technological means to process plants. Their features are studied. Technical characteristics of sprayers and fog generator are considered.

**Key words:** *rod sprayers, hot mist generator, fan sprayers, technological means for processing plants.*

В настоящее время, в сельском хозяйстве, для обработки в целях защиты растений широко применяются различные технологические средства, такие как штанговые, вентиляторные опрыскиватели, машины для дезинфекции помещений и зерноскладов, опрыскиватели для защищенного грунта и генераторы горячего тумана.

Опрыскиватели полевые штанговые предназначены для малообъемного опрыскивания полевых и овощных культур пестицидами и внесения жидких минеральных удобрений. Состоят из шасси с пневматическими колесами или навесной рамы, бака для рабочей жидкости, распределяющей штанги, насоса, всасывающей и нагнетательной систем с фильтрами, обеспечивающих четырехступенчатую систему очистки рабочей жидкости, регулятора-распределителя с манометром, рабочего коллектора с распыливающими устройствами. Полевые штанговые опрыскиватели существуют двух видов навесные и полуприцепные [1].

Полуприцепные ОПМ-2505В и ОПМ-2505Н показаны на рисунке 1. Распределение рабочего раствора по ширине захвата осуществляется с помощью штанги (металлической фермы), состоящей из шарнирно-соединенных между собой секций различной длины. Складывание штанги в транспортное положение и раскладывание в рабочее, а также подъем и опускание ее на заданную высоту осуществляется гидроцилиндрами, управляемым из кабины трактора с помощью штатного гидрораспределителя. Машины имеют оригинальную систему стабилизации штанг, центральная, секция которой соединяется с рамкой опрыскивателя специальной рычажно-пружинной подвеской, обеспечивающей горизонтальное положение штанги при движении по неровному рельефу поля. Опрыскиватели комплектуются инжекторными распылителями, обеспечивающими качественный распыл при боковом ветре до 5 м/с. Также могут быть применены распылители с распылом для работы при скорости ветра до 7 м/с. За счет низкой удельной материалоемкости и применения шин повышенной несущей способности удельное давление колес опрыскивателя на почву соответствует нормативным требованиям. Баки выполнены из полиэтилена высокой химической стойкости. Привод насоса осуществляется от ВОМ трактора с частотой вращения 540 об/мин. Агрегируются с тракторами класса 1,4 и 2.



Рисунок 1 – Полуприцепные опрыскиватели ОПМ-2505В и ОПМ-2505Н

Навесные штанговые имеют четырехступенчатую фильтрацию рабочей жидкости, узлы и детали в коррозионностойком исполнении, баки полиэтиленовые или стеклопластиковые. При установке брандспойтов и барабанов для намотки шлангов (модификация ОНШ 600С – показан на рисунке 2) используются для защиты садов, виноградников, лесозащитных полос от вредителей и болезней, мойки сельскохозяйственных машин, побелки помещений, дезинфекции животноводческих ферм [2].



Рисунок 2 – Навесной опрыскиватель ОНШ-600С

Вентиляторные опрыскиватели представляют собой машины, состоящие из бака с гидросмесителем, карданной передачи, всасывающей и нагнетательной коммуникаций, насосного агрегата и вентиляторно-распыливающего устройства с двухпозиционными форсунками [1]. Эти устройства подразделяются на садово-виноградниковые и универсальные.

Опрыскиватели вентиляторные садово-виноградниковые (с веерной струей) предназначены для химической защиты многолетних насаждений (садов, виноградников, хмельников и кустарников). Модели ОВГ-2005, ОВГ-2200 и ОВГ-600 изображены на рисунке 3, а также представлены их основные технические характеристики в таблице 1.



Рисунок 3 – Вентиляторные опрыскиватели ОВГ-2005, ОВГ-2200 (с баком из нержавеющей стали) и ОВГ-600 соответственно.

Универсальные (бокового дутья) ОВГ-2006Д (Рисунок 4) предназначены для химической защиты полевых культур, высокорослых деревьев неудобий и многолетних насаждений. Могут использоваться высокопроизводительной механизированной дезинфекции животноводческих помещений и складов [3].

Машина для дезинфекции помещений и зерноскладов МДП-2006 (рисунок 5) предназначена для дезинфекции животноводческих помещений, зерноскладов а также для обработки растений ядохимикатами и сооружениях защищенного грунта, в садах и на неудобьях. Оснащена полиэтиленовым баком высокой химической стойкости, имеет узлы и детали в коррозионностойком исполнении, трехступенчатую систему фильтрации жидкости. Комплектуется рабочим оборудованием (насосом, регулятором-распределителем с манометром, фильтрами, гидросмесителем, 2-мя брандспойтами со шлангами по 50 м и катушками для шланга) современного технического уровня производства ведущих фирм Италии и Германии [2].

Таблица 1 – Основные технические характеристики вентиляторных опрыскивателей

| Показатели  | ОВГ-2005       | ОВГ-2200    | ОВГ-600        |
|---|----------------|-------------|----------------|
| Тип   | Полуприцепной  |             | Навесной       |
| Производительность за 1 час основного времени, га | 4,8...6,4      |             |                |
| Сад   |                |             |                |
| Виноградник                                       | 7,2...9,6      |             |                |
| Хмельник  | 3,6...4,8      |             |                |
| Рабочая скорость, км/ч                            | 6...8          |             |                |
| Емкость бака, л                                   | 2000           | 2200        | 600            |
| Материал бака                                     | Полиэтилен     | Нерж. Сталь | Полиэтилен     |
| Рабочее давление (макс МПа)                       | 2...5          |             |                |
| Расход рабочей жидкости, л/га                     | 100...1000     |             |                |
| Производительность насоса, л/мин                  | 115...142      |             |                |
| Габаритные размеры, мм                            | 4300x1730x1800 |             | 1700x1300x1600 |



Рисунок 4 – Универсальный опрыскиватель ОВГ-2006Д

Опрыскиватели для защищенного грунта предназначены для обработки растений в сооружениях защищенного грунта; пестицидами при борьбе с вредителями и болезнями возделываемых культур и жидкими удобрениями при внекорневой подкормке, а также для дезинфекции помещений и нанесения на кровлю теплиц затеняющих растворов и их смыва. Имеют бак для рабочего раствора 400 л из стеклопластика, 320, 300 и 120 л из полиэтилена. Оснащены современными насосными агрегатами с электродвигателем, регулятором распределителем и двумя брандспойтами со шлангами. Модификация ОЗГ-320А оснащена двигателем внутреннего сгорания [3].



Рисунок 5 – Машина для дезинфекции помещений и зерноскладов МДП-2006

Таблица 2 – Основные технические характеристики опрыскивателей для защищенного грунта

| Показатели   | ОЗГ-750                          | ОЗГ-400В      | ОЗГ-320 | ОЗГ-120      |
|--|----------------------------------|---------------|---------|--------------|
| Производительность за 1 ч основного времени, кв.м. | До 1 215<br>До 1 420<br>До 1 970 |               |         |              |
| - при обработке растений ядохимикатами             |                                  |               |         |              |
| - при внекорневой подкормке                        |                                  |               |         |              |
| - при дезинфекции помещений                        |                                  |               |         |              |
| Емкость бака, Л                                    | 750                              | 400           | 320     | 120          |
| Производительность насоса, л/мин                   | 25...60                          | 25...60       | 20...25 |              |
| Привод   | От электродвигателя              |               |         |              |
| Напряжение сети, В                                 | 220/380                          |               |         |              |
| Длина электрокабеля, м                             | 10                               |               |         |              |
| Габаритные размеры, мм                             | 2600x1200x1400                   | 1810x940x1130 |         | 1400x865x725 |
| Масса(конструкционная), кг                         | 250                              | 205           | 180     | 65           |
| Длина шлангов, м                                   | 40                               |               |         |              |
| Количество брандспойтов, шт                        | 2                                |               |         |              |

Генератор горячего тумана является технологическим средством для обработки растений. Принцип работы данного устройства состоит в том, что рабочий раствор реагента или дезинфектанта впрыскивается в поток горячего, движущегося с высокой скоростью газа [4, 5, 6, 7, 8]. При этом жидкость сначала разбивается на мельчайшие капли, а потом эти капли, почти мгновенно испаряются за счет высокой температуры газа. Эффект охлаждения, вызываемый расширением газа и его соприкосновением с относительно холодным окружающим воздухом, приводит к конденсации влаги в виде капелек размером 1–35 микрон. Эти капельки формируют плотное облако, называемое туманом, которое относится от точки своего образования за счет скорости вырывающегося из трубы газа. ТН-130 может работать как с растворами на основе масел, так и с водными растворами. Автоматический генератор горячего тумана ТН-130 имеет следующие основные части: бензиновый реактивно-импульсный двигатель, карбюратор, бак для горючего, система зажигания (свеча зажигания + блок зажигания), бак для рабочего раствора, аккумулятор (6V 4AH), пусковой воздушный электронасос. Общий вид ТН-130 и схема работы представлены на рисунке 6. Принцип работы всех генераторов горячего тумана одинаков. Различие состоит в том, что в зависимости от модели вид и расположение того или иного узла может меняться. Подводя итог, хотелось бы отметить, что технология обработки растений для защиты горячим туманом обладает высоким потенциалом, однако недостаточно изучена.

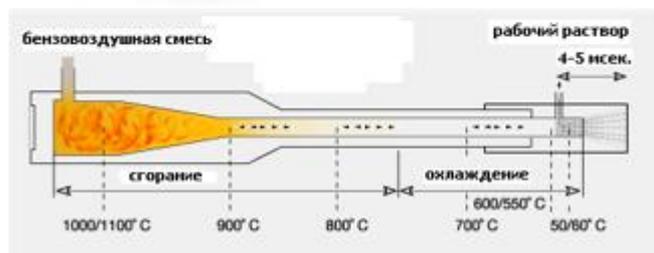


Рисунок 6 – Генератор горячего тумана ТН-130

Анализируя современные технологического средства для обработки растений, мы приходим к выводу, что наиболее перспективным способом обработки растений является мелкодисперсный горячий туман. На это есть несколько причин: высокая дисперсность раствора – соответственно меньший расход используемых препаратов, кроме того, горячий туман окутывает растения, обеспечивая наилучший контакт препарата. Однако при использовании данного технологического средства стоит учитывать, что более высокую неравномерность по ширине захвата.

### Литература

1. Использование современных опрыскивателей в адаптивной защите растений [Целесообразность оснащения полевых штанговых опрыскивателей вращающимися распылителями вместо гидравлических]/ Н.В. Никитин, Ю.Я. Спиридонов, М.С. Соколов и др. // *Агрехимия*. – 2008. – № 11. – С. 51-59.
2. Матчанов, Р.Д. Защита растений в системе культура-вредитель-препарат-машина/ Р.Д. Матчанов. – Ташкент : Фан, 2016. – 360 с.
3. Пат. РФ № 2014122615/13. Устройство для внесения консервирующих препаратов в растительную массу/ Костенко М.Ю., Горячкина И.Н., Тетерин В.С., Мельников В.С. – Опубл. 27.10.2014; Бюл. № 30.
4. Влияния режимов работы генератора горячего тумана на микробиологические показатели/ И.Н. Горячкина, В.С. Мельников, В.С. Тетерин, Ф.М. Муродов // *Вестник совета молодых ученых РГАТУ*, 2015. – № 1. – С. 143-147.
5. Тетерин, В.С. Аэрозольная обработка семенного зерна стимуляторами на основе гуматов/ В.С. Тетерин, О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко // *Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции*. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 88-91.
6. Влияние параметров зеленой массы на приготовление силоса в мягких вакуумированных контейнерах/ Р.В. Безносюк, И.Ю. Богданчиков, М.Ю. Костенко [и др.] // *Вестник Рязанского ГАТУ имени П.А. Костычева*. - №4 (32). – 2016. – С. 69-72.
7. Исследование влияния обработки семян ячменя горячим туманом биологических препаратов и гуминовых продуктов / М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.Н. Горячкина и др. // *Вестник РГАТУ*. – 2019. – № 4 (44). – С. 93-99.
8. Горячкина, И.Н. Предпосевная обработка ячменя биологическими препаратами и гуминовыми продуктами/ И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк // *Материалы всероссийской национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию*

со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 65-75.

9. Результаты применения биопрепаратов в агрегате для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения / И.Ю. Богданчиков, Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, К.Н. Дрожжин // Вестник РГАКТУ. – 2019. – № 2. – С. 81-86.

10. Агрегат для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения/ И.Ю. Богданчиков, Д.В. Иванов, Н.В. Бышов и др. // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 4. – С. 5-11.

11. Королева, Е.И. Повышение доходности производства зерна за счет применения разбрасывателя минеральных удобрений/ Е.И. Королева, М.В. Поляков, В.Н. Туркин // Сб.: За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества : Материалы Всероссийской молодежной научной конференции: в 4-х томах. – Курск, 2020. – С. 151-154.

12. Афиногенова, С.Н. Безопасность обработки пищевым консервантом клубней картофеля при хранении/ С.Н. Афиногенова, О.В. Черкасов // Сб.: Актуальные вопросы товароведения, безопасности товаров и экономики : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Коломна, 2018. – С. 34-38.

13. Афиногенова, С.Н. Актуальные проблемы экологической безопасности обработки и хранения картофеля в регулируемой газовой среде в стационарных хранилищах/ С.Н. Афиногенова, С.А. Морозов // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2017. – № 2 (14). – С. 54-62.

**УДК 628.931**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УФ-ЛУЧЕЙ НА ПОРОСЯТ. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ**

*Ю.В. Ломова<sup>1</sup>, П.А. Леденева<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань*

**Аннотация.** В статье приводится обоснование влияния УФ-лучей на потомство поросят. Показана прямая взаимосвязь УФ-лучей и образования благодаря им в искусственных условиях витамина D, влияющего на иммунный статус, рост и развитие поросят. Также предложена разработка УФ-излучающей автоматизированной установки, в дополнение к ИК обогреву, которое уже используется на свиноводческих фермах.

**Ключевые слова:** *УФ-лучи, потомство поросят, витамин D, автоматизированная излучающая установка, разработка, эритемная лампа.*

**Summary.** The article provides a rationale for the effect of UV rays on the offspring of piglets. A direct relationship between UV rays and the formation of vitamin D due to them in artificial conditions, which affects the immune status, growth and development of piglets, is shown. It is also proposed to develop a UV-emitting automated installation, in addition to IR heating, which is already used on pig farms.

**Key words:** *UV rays, piglet offspring, vitamin D, automated radiating unit, development, erythema lamp.*

Ультрафиолетовые лучи являются наиболее биологически активными, они обладают значительной фотохимической активностью, что широко используется в практике, в особенности в терапевтических целях. Ультрафиолетовое облучение применяется при синтезе ряда веществ, в том числе получение витамина D, который играет важную роль в работе иммунной системы свиньи.

Поскольку в свиноводстве инфекционные болезни входят в число наиболее распространенных причин падежа, а стало быть финансовых потерь (в частности,

при отъеме, когда поросята больше всего беззащитны перед инфекцией), эта информация заслуживает особого внимания.

Животные в свиноводческих фермах содержатся исключительно внутри сельскохозяйственных помещений и не имеют прямого доступа к солнцу, которое является основным источником ультрафиолетового излучения и соответственно преобразования витамина D. В таких условиях высок риск УФ - голодания, что может привести к развитию множества болезней.

Для решения данного вопроса необходимо внедрить в дополнение к ИК обогреву, которое уже используется на свиноводческих фермах, УФ-облучение для максимально оптимального поддержания микроклимата и восполнения недостатка получения живого ультрафиолета.



Рисунок 1 – Излучающая установка

Основные показатели полезности УФ-лучей:

- улучшает дыхание;
- кровообращение;
- повышает содержание гемоглобина в крови и образование витамина D3;
- укрепляет нервную систему;
- ускоряет рост,
- уменьшает возможность инфекционных заболеваний;
- уменьшает возможность развития рахита.

Оптимальным диапазоном для облучения поросят служат УФ-лучи длиной 280-315 нм, относящиеся к области излучения В. Они имеют способность вызывать покраснение кожи – эритему, обладают антирахитным действием и способствуют превращению провитамина D в активно-действующий витамин D.

Такой диапазон излучения мы сможем получить благодаря Эритемной Лампе ЛЭ-15 G13.



Рисунок 2 – Эритемная лампа ЛЭ-15 G13

Эритемная лампа источник длинноволнового ультрафиолетового излучения; представляет собой трубчатую ртутную лампу низкого давления в колбе из увиолевого стекла, на внутреннюю поверхность которой нанесен люминофор; применяется в физиотерапии с лечебной и профилактической целью облучения сельскохозяйственных животных в соответствии с медицинскими нормами.

Для осуществления указанных целей, предлагается разработка УФ-излучающей автоматизированной установки на основе Arduino с шарико-винтовой передачей, сервоприводами, с возможностью включения/выключения в заданное время и регулированием высоты подвеса лампы.

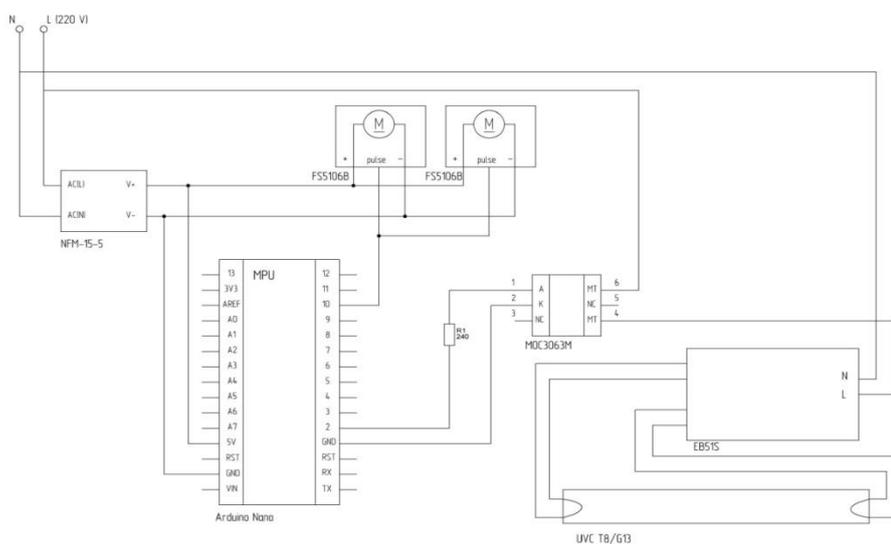


Рисунок 3 – Схема УФ-излучающей автоматизированной установки

Данная УФ-излучающая установка в отличие от имеющихся аналогов является более современной, даёт возможность оператору осуществлять дистанционное управление и регулирование всех нужных параметров, что наиболее актуально в сложившейся эпидемиологической обстановке.

Внедрение УФ облучения в дополнение к ИК обогреву позволит увеличить сохранность молодняка до 98% и получить привес до 20%, а так же поможет снизить отход молодняка на 10...15%.

### Литература

1. Баев, В.И. Светотехника. Практикум по электрическому освещению и облучению/ В.И. Баев. – 2019. – 196 с.
2. Значимость витамина D для иммунной системы свиньи. – Режим доступа: [https://piginfo.ru/article/?SECTION\\_ID=108&ELEMENT\\_ID=76262](https://piginfo.ru/article/?SECTION_ID=108&ELEMENT_ID=76262)
3. Тихонов, И.Т. Содержание свиноматок/ И.Т. Тихонов. – 1989.
4. Бажов, Г.М. Биотехнология интенсивного свиноводства/ Г.М. Бажов, В.И. Комлацкий. – 1989. – 269 с.
5. Трухачев, В.И. Современные аспекты выращивания поросят раннего возраста/ В.И. Трухачев. – 2008. – 124 с.
6. Атлас болезней свиней (ФГУ Федеральный центр охраны здоровья животных). – 2007.
7. Кладницкий Д.А. Справочник по осветительной аппаратуре/ Д.А. Кладницкий, С.И. Чубатый. – 1986.
8. Ультрафиолетовое облучение животных. – Режим доступа: <http://handcent.ru/bolezni-kostnoy-sistemy/3008-ultrafioletovoe-obluchenie-zhivotnyh.html>
9. Биология с основами экологии/ С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин и др. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 368 с.
10. Нагаев, Н.Б. Направления повышения энергоэффективности освещения и облучения в сельском хозяйстве/ Н.Б. Нагаев, Е.С. Семина, А.А. Жильцова и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 295-302.
11. Вендин, С.В. Анализ влияния УФ облучения на зерно перед проращиванием/ С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов // Сб.: Актуальные вопросы энергетики. – Белгородский ГАУ, 2019. – С.14-16.

12. Вендин, С.В. Повышение эффективности получения пророщенного зерна на корм животным с применением УФ-излучения/ С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов // Сб.: Энергосберегающие технологии в АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Ярославль : Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 21-23.

13. Электротехнология и зоогигиена/ В.В. Боцман, И.С. Григорьян, Р.В. Шахбазян, Н.В. Черный // Сб.: Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII Международной научно-производственной конференции. – 2018. – С. 189-190.

14. Использование теплового излучения для обезвоживания и термообработки продуктов растениеводства/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, И.Ю. Тюрин и др.// Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 448-452.

15. Текучев, И.К. Проблемы реализации технологических новаций в животноводстве/ И.К. Текучев, Ю.А. Иванов, Л.П. Кормановский // АПК: Экономика, управление. – 2017. – № 5. – С. 21-29.

УДК 634.58

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРТОВ АРАХИСА (*Arachis hypogaea* L.)

*М.А. Лысаков<sup>1</sup>, П.А. Андросов<sup>1</sup>*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет», г. Астрахань*

**Аннотация.** В работе предпринято исследования биологических свойств сортов арахиса российской (Отрадокубанский) и иностранной селекции (Болд, Вирджиния и сорто-линия Самарканд). Культура арахиса (*Arachis hypogaea* L.) имеет огромное пищевое значения в мире, так как богата маслом и белком. Но из-за недостатка в России своих сортов для возделывания арахиса необходимо подобрать с биологической и агрономической точки зрения наиболее перспективные сорта и сорта-линии. Наиболее перспективным с биологической, так с агрономической в исследовании оказался сорта-линия Самарканд.

**Ключевые слова:** сорт Болд, сорт Вирджиния, сорт Отрадокубанская, сорто-линия Самарканд, генофор, длина листа, количество листьев, урожай.

**Summary.** Research has been undertaken on the biological properties of Russian peanut varieties (Otradokubansky) and foreign breeding (Bold, Virginia and the Samarkand sorto-line). Peanut culture (*Arachis hypogaea* L.) is of great food importance in the world, as it is rich in oil and protein. But due to the lack of Russia varieties for peanut cultivation, it is necessary to select from a biological and agronomic point of view the most promising varieties and varieties-lines. The most promising with biological and agronomic in the study was the Samarkand line variety.

**Key words:** Bold variety, Virginia variety, Otradokubanskaya variety, Samarkand sorto-line, genophore, leaf length, number of leaves, crop.

Арахис (*Arachis hypogaea* L.) культивируется в основном в тропических, субтропических и теплых районах Земли и потребляется во всем мире. Около 13,5 млн. га арахиса было выращено в Азии, 5,3 млн. га в Африке, 1,2 млн. га в Америке и 0,1 млн. га в других частях мира ( Stalker, 1997).

Арахис (*Arachis hypogaea* L.) одна из важнейших культур мира имеющую высокую питательную ценность богатая маслом, минеральными веществами и белком (С. Xu, L. Hong, 2008). Кроме того, наличие арахисового масла в рационе может помочь улучшить

диетическую структуру и поддержать высокую ценность для здоровья человека. Олеиновая и линолевая кислоты вместе составляют около 80% жирнокислотного состава арахисового масла (D.A. Knauft, 1993).

Импорт арахиса из сопредельных стран по данным таможенной статистики (<http://givemebid.com/araxis/>) в 2018 году составил 125 тыс. т, а уже из-за санкций в 2019 году сократился до 19 тыс. т. По этой причине перерабатывающая промышленность России терпит колоссальный дефицит арахиса как сырья для кондитерских изделий, поэтому скорейшее внедрение новых сортов в практику сельскохозяйственного производства решила бы эту проблему, что является на сегодняшний момент актуальным.

Для достижения устойчивого по количеству и качеству производства продуктов питания в перерабатывающей промышленности арахиса, во-первых, следует начать с соответствующего выбора сортов, которые должны быть адаптированы к конкретным условиям произрастания и характеризоваться подходящими технологическими качествами (R. Paradiso, 2012).

Северо-Западный Прикаспий обладает достаточными агрометеорологическими ресурсами (Вознесенская, 2009), чтобы обеспечить полное генетическое раскрытие сортов арахиса в виде высокой продуктивности так же и за счет управляемого водного режима на полях (орошения). В связи с этим нами исследованы несколько сортов арахиса – это Болд, Верджиния и единственный Российский сорт Отрадокубанский, сорт линия Самарканд в условиях Северо-Западного Прикаспия, что на сегодняшний момент актуально из-за нехватки Российских сортов арахиса.

**Цель исследования.** Определить биологические свойства сортов Болд, Верджиния, Отрада кубанский и сорт-линии Самарканд в условиях Северо-Западного Прикаспия.

#### **Материалы и методы**

Объектом исследования служили сорта Болд, Верджиния, Отрадокубанский и сорто-линия Самарканд арахиса возделываемые в условиях Северо-Западного Прикаспия.

Исследования проводились в 2015-2019 гг. в Лиманском районе, село Михайловское на базе КФХ Андросов.

Радиационный режим территории равен 118 ккал/м<sup>2</sup>. В течении года район исследования испытывает на себе действие постоянных ветров с порывами до 20 м/с. Количество дней с ветром – 200 дней/год (Вознесенская, 2009).

Характер выпадения осадков в течение сезонов за период исследований 2015–2019 гг. указывает на их неравномерность. Так для 2015 г. выпадение осадков в год в количестве 170 мм. В то же время для 2016 и 2017 гг. характерно выпадения осадков в количестве около 220 мм. Но для 2019 г. Количество выпавших осадков отличается 286 мм (Вознесенская, 2009).

Почвенный покров участка исследования представлен светло-бурыми полупустынными почвами каспийского подтипа, по механическому составу данные почвы представляют собой супеси.

#### **Схема опыта:**

Однострочный посев, обработка почвы дисковой бороной БДМ-4х4 на глубину 15 см. Посев ручной. Орошения капельное. Площадь учетной делянки равнялась 10 м<sup>2</sup>, общая учетная площадь 30 м<sup>2</sup> (Доспехов, 1973). Общая выборка исследованных растений за годы исследований равна 1350 растений. Изучаемые показатели у сортов были следующие:

Вегетативные показатели отражающую фотосинтетическую и ростовую активность растения – это длина побега в м, длина листа в м, количество листьев на побеге в шт., количество междоузлий на побеге в шт..

Генеративные показатели, которые отражают продуктивные возможности сорта – это количество генофоров, на растении, шт., количество оплодотворённых генофоров, шт., количество неоплодотворённых генофоров, шт.

Для изучения были отобраны сорта Верджиния, Болд и сорто-линия Самарканд. Стандартом был взят единственный Российский сорт Отрадокубанский.

Статистический анализ проводили с помощью программы statistika 0.6

### Результаты исследования

Вегетативные показатели служат оценкой как ростовой так и фотосинтетической активности растения, например листовой аппарат говорит о наличии низкой или высокой фотосинтетической активности растения.

Длина побега характеризует ростовую активность данного растения возможности его меристем, так же как и количество междоузлий на побеге.

В данном случае из таблицы 1 видно максимальные значения длины побега у сорто-линии Самарканд так же как и количество междоузлий, что составляет соответственно  $0,43 \pm 0,6$  м и  $21 \pm 0,9$  шт.. У сортов Болд и Вирджиния показатели длины побега одинаковые и составляют  $0,23 \pm 0,7$  м, а число междоузлий у сорта Болд  $12 \pm 0,4$  шт., а у сорта Вирджиния отличается не намного и равен  $11 \pm 0,3$  шт.. Между тем российский сорт Отрадокубанский уступает по показателю длины побега и количество междоузлий соответственно  $0,20 \pm 0,6$  м и  $8 \pm 0,8$  шт. (таблица 1).

Таблица 1 – Вегетативные показатели (2015–2019 гг.)

| Вегетативные показатели       | Болд            | Вирджиния       | Самарканд       | Отрадокубанский st |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Длина побега, м               | $0,23 \pm 0,3$  | $0,23 \pm 0,7$  | $0,43 \pm 0,6$  | $0,20 \pm 0,6$     |
| Длина листа, м                | $0,056 \pm 0,5$ | $0,053 \pm 0,7$ | $0,060 \pm 0,6$ | $0,043 \pm 0,6$    |
| Кол-во листьев на побеге, шт. | $13 \pm 0,1$    | $13 \pm 0,9$    | $25 \pm 0,4$    | $11 \pm 0,4$       |
| Кол-во междоузлий, шт.        | $12 \pm 0,4$    | $11 \pm 0,3$    | $21 \pm 0,9$    | $8 \pm 0,8$        |

Листовой аппарат у растений призван обеспечивать фотосинтетическую активность, поэтому например форма листа как правила плоская и чем больше чем лучше, это помогает улавливать наиболее полную приходящую к земной поверхности солнечную радиацию. Поэтому опираясь на такие показатели как длина листа и количество листьев на побеге можно косвенно говорить а фотосинтетической возможности растения.

Поэтому видно из таблицы 1, что самая высокая длина листа у сорто-линии Самарканд и составляет  $0,060 \pm 0,6$  м, и так же превосходит всех сортов и по показателю количество листьев соответственно  $25 \pm 0,4$  шт.. Самые низкие показатели у стандарта у сорта арахиса Отрадокубанская по длине листа –  $0,043 \pm 0,6$  м, по количеству листьев –  $11 \pm 0,4$  шт.

Генеративные показатели показывают на сколько растения продуктивно в половом отношении. Половое размножения характерное для растений и производства семян растением это одно из главнейших биологических приспособлений, которое обеспечивает преемственность между поколениями и играет огромную эволюционную роль.

Поэтому чтобы произвести оценку сортов арахиса по продуктивности плодов необходимо разобрать генеративные показатели такие как количество генофор, количество оплодотворенных и неоплодотворенных генофор и разумеется количество плодов на растении.

Таблица 2 – Генеративные показатели (2015–2019 гг.)

| Генеративные показатели                | Болд         | Вирджиния    | Самарканд     | Отрадокубанский st |
|--|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| Количество генофоров, на растении, шт. | $79 \pm 0,2$ | $79 \pm 0,7$ | $172 \pm 0,6$ | $40 \pm 0,6$       |

Продолжение таблицы 2

|   |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Количество оплодотворённых генофоров, шт. | 26 ± 0,3 | 26 ± 0,8 | 45 ± 0,7 | 14 ± 0,5 |
| Кол-во неоплодотворённых генофоров, шт.   | 25 ± 0,7 | 25 ± 0,4 | 18 ± 0,3 | 18 ± 0,9 |
| Кол-во бобов, на растении, шт.            | 70 ± 0,6 | 50 ± 0,5 | 78 ± 0,2 | 30 ± 0,6 |

Из таблицы 2 видно, количество генофоров наибольшее из всех представленных сортов у Самарканда, так же как и оплодотворенных генофоров и равно 172±0,6 шт. и 45±0,7 шт. Самое небольшое количество генофоров у стандарта сорта Отрадакубанская, так же как и оплодотворенных генофоров и соответственно 40±0,6 шт. и 14±0,5 шт. Другие сорта такие как Болд и Самарканд показали промежуточные значения по количеству генофоров и по оплодотворенным генофоров в этом можно убедиться, если посмотреть данные таблицы 2.

Показатель урожайность плодов арахиса характеризует общую продуктивность растений не только с биологической точки зрения, но также и с агрономической.

Таблица 3 – Средняя урожайность арахиса за 2015–2019 гг. исследования

| Сорта и сорто-линии Арахиса | Урожайность т/га |
|-----------------------------|------------------|
| Болд                        | 7,68 ± 0,7       |
| Вирджиния                   | 3,6 ± 0,4        |
| Самарканд                   | 7,70 ± 0,7       |
| Отрадокубанский st          | 1,56 ± 0,2       |

Как было ясно, когда обсуждались такие признаки как количество листьев, количество генофоров то максимальные значения всегда были у сорто линии Самарканд, а из таблицы 3 видно, что максимальная продуктивность именно у этой сорто-линии и составляет 7,70±0,7 т/га. У стандарта, что не удивительно самая низкая урожайность плодов и составляет 1,56±0,2 т/га. У остальных сортов урожайность находится на промежуточном значении, правда у сорта Болд близка к Самарканду и составляет 7,68±0,7 т/га (таблица 3).

**Выводы**

Как видно из выше изложенного самый урожайный сорто-линия это Самарканд 7,70 ± 0,7 т/га и сорт Болд 7,68 ± 0,7 т/га, что превосходит стандарт сорт Отрадукубанскую более чем на 60% (1,56 ± 0,2 т/га). Другие сорта занимают промежуточные положения: это Вирджиния 3,6 ± 0,4 т/га. По биологическим признакам сорто-линия Самарканд занимает лидирующее положения длина побега составила 0,43 ± 0,6 м, длина листа равна 0,060 ± 0,6 м, количество листьев на побеге 25 ± 0,4 шт., количестве междоузлий 21 ± 0,9 шт. – это вегетативные признаки. Генеративные признаки у сорто-линии Самарканд соответственно количество генофоров 172 ± 0,6 шт., количество оплодотворенных генофоров 45 ± 0,7 шт. Это говорит о его высокой биологической приспособленности к условиям произрастания в условиях Северо-Западного Прикаспия. Это и выражается в высокой урожайности данной сорто-линии и его выдающихся генетической возможности. Поэтому данная сорто-линия Самарканд очень перспективна для возделывания в условиях Северо-Западного Прикаспия.

## Литература

1. Вознесенская, Л.М. Агроклиматические ресурсы Астраханской области : Монография/ Л.М. Вознесенская, Э.И. Бесчетнова. – Астрахань : Астраханский ун-т, 2009. – С. 113.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов. – М. : Колос, 1973. – 336 с.
3. Арахис. – Режим доступа: <http://givemebid.com/araxis/>
- 4.. Crop candidates for the bioregenerative life support systems in China/ С. Ху, L. Hong // Acta Astronaut. – 2008. – №63 (7) – Pp. 1076-1080.
5. Knauff, D.A. Further studies on the inheritance of fatty acid composition in peanut 1/ D.A. Knauff, K.M. Moore, D.W. Gorbet // Peanut Sci. – 1993. – № 20 (2). – Pp. 74-776.
6. Soybean cultivar selection for bioregenerative life support systems (blsss) – hydroponic cultivation/ R. Paradiso, R. Buonomo, V. Micco De et al. // Adv. Space Res. – 2012. – № 50 (11). – Pp. 1501-1511.
7. Stalker, H.T. Peanut (*Arachis hypogaea* L.)/ H.T. Stalker // Field Crops Research. – 1997. – № 53. – Pp. 205-217.
8. Классификация плодов и их использование в пищевой промышленности/ Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова, Н.И. Морозова и др. – Рязань : РГАТУ, 2012. – 145 с.
9. Технология хранения, переработки и стандартизация продукции растениеводства/ Д.В. Виноградов, В.А. Рылко, Г.А. Жолик и др. // Технология переработки продукции растениеводства. – Рязань : РГАТУ, 2016. – Часть 1. – 210 с.

УДК 537.8

### ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСОВ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КРС ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

*О.О. Максименко<sup>1</sup>, Е.С. Семина<sup>1</sup>, П.В. Сачков<sup>1</sup>, А.А. Слободскова<sup>1</sup>, В.А. Черкашина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Лучшим способом регулирования частоты асинхронного привода, является электрический способ регулирования с использованием вентильных преобразователей частоты с промежуточным звеном постоянного тока на IGBT-транзисторах, использующих широтно-импульсную модуляцию. С помощью данных преобразователей можно изменять одновременно напряжение и частоту питающей сети, а простым и дешевым для электропривода насосов являются скалярные методы управления преобразователями частоты. В стандартных законах управления нет адаптивности частоты и напряжения, все это приводит к перерасходу электрической энергии. Таким образом уменьшение потребления электроэнергии с поддержанием постоянного давления в трубопроводе системы водоснабжения возможно, за счет применения адаптивного способа управления ШИМ-преобразователями насосных агрегатов системы водоснабжения.

**Ключевые слова:** Система водоснабжения, КРС, электропривод, водоснабжение, энергосбережение, регулируемый электропривод, частотный регулятор.

**Summary.** The best way to control the frequency of an asynchronous drive is an electrical control method using gate frequency converters with a DC intermediate on IGBT transistors that use pulse-width modulation. Using these converters, you can change the voltage and frequency of the supply network at the same time, and scalar methods for controlling frequency converters are Simple and cheap for electric pumps. In standard control laws, there is no adaptability of frequency and voltage, all this leads to overspending of electrical energy. Thus, reducing electricity consumption while

maintaining a constant pressure in the pipeline of the water supply system is possible due to the use of an adaptive method for controlling PWM converters of pumping units of the water supply system.

**Key words:** *Water supply system, cattle, electric drive, water supply, energy saving, adjustable electric drive, frequency controller.*

В условиях развития сельского хозяйства одним из важных и актуальных вопросов становится вопрос энергосбережения. Одним из способов решения данного вопроса является применение в сельском хозяйстве электроприводов, разработанных непосредственно для энергосбережения. Они позволяют сократить потребление электроэнергии при стремлении коэффициента полезного действия к номинальному, при этом обеспечиваются все требования к технологическому процессу.

На сегодняшний день все хозяйства достаточно механизированы и электрифицированы. Энерго затраты в хозяйствах достаточно высокие, поэтому встает вопрос об уменьшении энергопотребления. В таких областях сельского хозяйства, как кормоприготовление, вентиляция, водоснабжение, сокращение потребления электроэнергии возможно. Одним из способов решения данного вопроса является применение энергосберегающих электроприводов с использованием преобразователей частоты. Это направление является перспективным для сокращения потребления электрической энергии с возможностью улучшения энергетических характеристик электропривода.

Проводя анализ вопроса применения регулируемого электропривода насосов системы водоснабжения животноводческих комплексов для содержания крупного рогатого скота, были рассмотрены системы сельскохозяйственного водоснабжения и технологические требования к поению животных.

Нами был проведен анализ водопотребления на животноводческой ферме для содержания 200 голов крупного рогатого скота. График водопотребления представлен на рисунке 1.

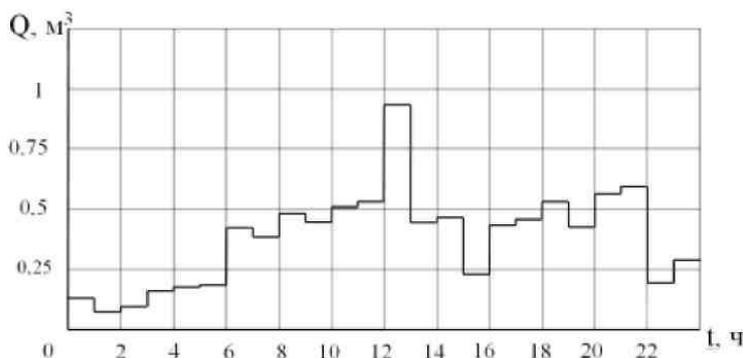


Рисунок 1 – График потребления воды в системе автопоения животноводческого помещения на 200 голов КРС

Из графика видно, что суточное водопотребление неравномерно. На сегодняшний день в большинстве хозяйствах для работы систем водоснабжения применяются нерегулируемые электроприводы, которые выбираются исходя из максимально необходимого расхода воды, что влечет за собой дополнительный расход на электрическую энергию. Поэтому применение данных электроприводов не рационально из-за отсутствия возможности регулировок и в часы снижения водопотребления происходит максимальный расход электрической энергии.

Регулирование потребляемой мощности электропривода насосной станции позволит значительно снизить потребление электроэнергии.

Для обеспечения качественного регулирования систем водоснабжения необходимо провести анализ современных систем водоснабжения, применяемы в сельском хозяйстве, в частности в животноводческих комплексах для содержания крупного рогатого скота.

Проведя анализ существующих современных систем водоснабжения (рисунок 2), можно сделать вывод, что прямоточная система водоснабжения для сельскохозяйственных потребителей является наиболее оптимальной, в следствие того, что данная система не имеет дополнительного резервуара для в системе водоснабжения, которое создается с помощью электропривода.

Также для обеспечения качественного водоснабжения крупного рогатого скота необходимо провести сравнительный анализ систем и приборов, которые используются для поения животных.

В зависимости от типа содержания КРС в животноводческих помещениях используют различные системы поения и конструкции. Для животноводческих помещений с привязным содержанием КРС применяют уровневую систему поения или используют индивидуальные автоматические поилки. При беспривязном содержании КРС чаще всего используют групповые поилки.

На сегодняшний день в качестве автоматизации процесса водоснабжения в сельском хозяйстве, в том числе и в животноводческих комплексах используют системы которые в качестве управления используют датчики уровня при резервуарном или башенном водоснабжении, такие как СУЗ, Каскад, ШЭП.



Рисунок 2 – Системы водоснабжения

Проведенный анализ устройств автоматического регулирования насосов с помощью датчиков уровня показал, что системы регулирования электропривода при помощи регулирования частоты вращения являются наиболее перспективными. Данная система позволяет подбирать параметры оптимального энергосберегающего режима работы насоса в зависимости от необходимого потребления.

Рассматривая существующие механические и электрические способы регулирования частоты асинхронного привода, был сделан вывод, что лучшим является электрический способ регулирования с использованием вентильных преобразователей частоты с промежуточным звеном постоянного тока на IGBT-транзисторах, использующих широтно-импульсную модуляцию. С помощью данных преобразователей можно изменять одновременно напряжение и частоту питающей сети, а следовательно и регулировать частоту вращения электродвигателя.

В современных частотных преобразователях, представленных на рынке, для управления частотой вращения асинхронных электродвигателей используется векторное и скалярное управление. При этом простым и дешевым для электропривода насосов являются скалярные методы управления

преобразователями частоты. В стандартных законах управления нет адаптивности частоты и напряжения, все это приводит к перерасходу электрической энергии.

Таким образом, уменьшение потребления электроэнергии с поддержанием постоянного давления в трубопроводе системы водоснабжения возможно, за счет применения адаптивного способа управления ШИМ-преобразователями насосных агрегатов системы водоснабжения.

## Литература

1. Каун, О.Ю. Обоснование способа регулирования электропривода насосов системы водоснабжения животноводческих комплексов/ Д.М. Таранов, О.Ю. Каун // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе : Материалы VI Российской научно-практической конференции. – Ставрополь : Параграф, 2011. – С. 168-173.

2. Каун, О.Ю. Зависимости напряжения и частоты сети от частоты вращения асинхронного электродвигателя в преобразователях частоты/ Д.М. Таранов, О.Ю. Каун // Сб.: Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного уни-та, 2013. – С. 283-290.

3. Кипарисов, Н.Г. Проведение настроечных экспериментов на лабораторной установке вертикального миксера/ Н.Г. Кипарисов, А.А. Полякова // Вестник РГАТУ. – 2013. – № 2 (18). – С. 55-58.

4. Гришин, И.И. Исследование электрофизических свойств вымени коз и мониторинг полученных результатов измерения/ И.И. Гришин, Е.М. Семина // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 4 (8). – С. 61-63.

5. Максименко, О.О. Нестационарный теплообмен в быстроходных двигателях внутреннего сгорания/ О.О. Максименко, Е.С. Семина, А.А. Максименко // Сб.: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции (Международные Бочкаревские чтения), посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКСР, академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 131-133.

6. Трухачев, С.С. Определение основных параметров автотрансформатора/ С.С. Трухачев, Е.С. Семина, О.О. Максименко // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 438-444.

7. Теоретический анализ состояния вопроса коммутационных перенапряжений в сельскохозяйственном асинхронном электроприводе/ О.О. Максименко, Е.С. Семина, А.С. Колотов и др. // Сб.: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 179-182.

8. Применение объемных резонаторов в СВЧ установках при обеззараживании молока на фермах/ Д.М. Евдокимов, С.О. Фатьянов, А.С. Морозов и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 416-421.

9. Разработка технического средства для защиты от коммутационных перенапряжений конденсаторной установки/ О.О. Максименко, Е.С. Семина, А.С. Колотов и др. // Сб.: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 176-179.

10. Макаров, А.Ю. Современные методы и устройства компенсации реактивной мощности/ А.Ю. Макаров, С.О. Фатьянов // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции,

посвященной Году экологии в России. Министерство сельского хозяйства РФ. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 153-156.

11. Сухомлинова, Е.В. Об экономической эффективности работы электродвигателей сельскохозяйственных машин/ Е.В. Сухомлинова, Н.В. Водолазская // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: в 4 т. Том 3. – п. Майский, 2020. – С. 110.

12. Шульга, М.В. Схема управления водяным насосом малой мощности/ М.В. Шульга, С.В. Вендин // Сб.: Молодежный аграрный форум – 2018 : Материалы Международной студенческой конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 298.

13. Лебедев П.Д. Автоматическое управление водяным насосом малой мощности/ П.Д. Лебедев, С.В. Вендин // Сб.: Горинские чтения. Наука молодых – инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 83.

14. Аникин, Н.В. К вопросу о защите электродвигателей погружных насосов от обрыва фаз и несимметрии напряжений/ Н.В.Аникин, А.С.Терентьев, В.В. Коченов // Сб.: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 21-25.

15. Туркин, В.Н. Эколого-технологические аспекты выбора систем водоотведения и канализации для предприятий/ В.Н. Туркин, Д.О. Коротаев // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 126-129.

16. Туркин, В.Н. Современные перспективы использования преобразователей частоты в системах водоснабжения/ В.Н. Туркин, Г.Р. Ипатьева, Е.В. Росликова, К.В. Юшкина // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научн-пракетической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 344-350.

17. Романова, Л.В. Инновации в АПК в условиях цифровизации/ Л.В. Романова, О.Н. Фочкина // Сб.: Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе : Материалы Международной научной конференции. – 2020. – С. 241-244.

18. Текучев, И.К. Проблемы реализации технологических новаций в животноводстве/ И.К. Текучев, Ю.А. Иванов, Л.П. Кормановский // АПК: Экономика, управление. – 2017. – № 5. – С. 21-29.

УДК 633.853.52

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЕВОГО ЗЕРНА В УЧРЕЖДЕНИЯХ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*Р.А. Мамонов<sup>1</sup>, В.Д. Липин<sup>2</sup>, В.Н. Гончаров<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Академия ФСИН России, Рязань*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань*

**Аннотация.** Проведен анализ, позволяющий сделать вывод, о том, что потенциал внедрения технологий возделывания и переработки сои на пищевые цели в производственных подразделениях уголовно-исполнительной системы достаточно высокий и перспективный. Продукты питания, полученные с компонентами переработки сои могут быть использованы в рационе питания заключенных как альтернатива традиционным источникам белка.

**Ключевые слова:** соя, белок, техническая культура, предшественник, продукты питания.

**Summary.** An analysis has been made to conclude that the potential for the introduction of soy cultivation and processing technologies for food purposes in the production units of the penal correction system is quite high and promising. Foodstuffs obtained with soy processing components can be used in the diet of prisoners as an alternative to traditional protein sources.

**Key words:** Bold variety, Keywords variety: soybeans, protein, technical culture, precursor, food.

Из всех зернобобовых культур, возделываемых в России на пищевые и кормовые цели, соя – наиболее ценная культура, что обусловлено высоким содержанием в зерне биологически активного, питательного белка и жира.

Соя – важнейшая белково-масличная культура мирового уровня, имеющая продовольственное, целебное, кормовое, техническое и агротехническое значения.

Семена сои содержат в среднем 37–42% белка, 19–22% масла и до 30% углеводов. По аминокислотному содержанию протеин сои близок к легкоусвояемым и включает в себя жирные кислоты, не вырабатываемые организмом человека и животных. Из семян сои получают продукты для производства нескольких сот разнообразных изделий. В мировой практике зерно сои используется в основном для переработки на масло, а шрот и жмых – для кормовых целей, являющиеся ценными высокобелковыми добавками к комбикормам [9, 11, 12].

Белок сои считается наиболее высококачественным и дешевым решением проблемы белкового дефицита в мире. По содержанию лизина он не уступает сухому молоку и куриному яйцу. Белок растворим в воде на 85–90% и хорошо усваивается на 80–95%. В связи с этим ценным источником пополнения ресурсов белка может стать соя [1, 2, 11].

Пищевые продукты, вырабатываемыми из семян сои (соевая мука, соевое масло, тофу, окара, соевое молоко, шрот, жмых, текстурированный соевый белок, соевые изоляты) широко применяются для кормовых целей, как значимые высокобелковые добавки к комбикормам, для приготовления хлебобулочных, крупяных и кондитерских изделий, а также востребованы в мыловаренной, лакокрасочной, текстильной, парфюмерной, фармацевтической, бумажной и в других технических промышленности [1, 2, 4].

Продукты, получаемые из сои, разрешено употреблять в пищу на основании нормативных актов:

- ГОСТ Р 58441-2019 Продукты пищевые соевые. Тофу. Общие технические условия. Стандарт распространяется на соевый пищевой продукт, изготовленный из семян сои или высокобелковых продуктов из семян сои с добавлением или без добавления пищевых ингредиентов, пищевых добавок, предназначенный для непосредственного употребления в пищу или для дальнейшей переработки (тофу);

- ГОСТ 31760-2012 Масло соевое. Технические условия. Стандарт распространяется на соевое масло, вырабатываемое из семян сои, предназначенное для непосредственного употребления в пищу, промышленного производства пищевых продуктов и промышленной переработки на технические цели;

- ГОСТ Р 53799-2010 Шрот соевый кормовой тостированный. Стандарт распространяется на соевый кормовой тостированный шрот (далее – шрот), получаемый по схемам форпрессование-экстракция или прямой экстракции из предварительно обработанных семян сои с отделением или без отделения оболочки, с применением дополнительной влаготепловой обработки – тостирования.

Уголовно-исполнительная система находится на стадии масштабного реформирования, эффективному проведению которого во многом способствует утверждения Правительством РФ Концепция развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации до 2020 года. Новый этап развития уголовно-исполнительной системы ставит перед ней и приоритетные задачи. Одной из задач является направление развития уголовно-исполнительной системы в сфере трудовой деятельности, в частности в сельском хозяйстве [5,7,8].

С учётом, что промышленный сектор уголовно-исполнительной системы входит в число ведущих отечественных товаропроизводителей по объёму производства и ассортименту выпускаемой продукции, производство сои возможно и в производственных подразделениях УИС, как для внутренних потребностей заключенных, так и для удовлетворения спроса продовольственного рынка страны [5, 7. 8].

Традиционным источником белка являются яйца, мясо, молоко, рыба, хлеб. Они восполняют дефицит белка. Суточная норма потребления белка составляет в среднем от 50

до 120 г. в день. В соответствии с Приказом Министерства юстиции РФ от 17 сентября 2018 г. № 189 суточная норма мяса, как основного источника белка, на одного человека в сутки составляет от 90 до 170 граммов, где большая норма предусмотрена для несовершеннолетних, беременных и кормящих женщин [6, 7].

Согласно приказа ФСИН России от 2 сентября 2016 г. № 696 «Об утверждении Порядка организации питания осужденных, подозреваемых и обвиняемых, содержащихся в учреждениях уголовно-исполнительной системы» в рацион питания заключенных, могут быть добавлены продукты из растительного белка, получаемого из сои [8].

Соевые продукты содержат такие же количества растительного белка, как и молоко, но не содержат лактозы, а количество кальция и витаминов аналогично молочным продуктам, а количество кальция и витаминов аналогично молочным продуктам. Поэтому соевую продукцию рекомендуют использовать как замену молока. У лиц, отбывающих наказание в учреждениях УИС, может иметь место лактозная непереносимость. Поэтому из их рациона питания исключают продукты с лактозой и сывороточными белками. Кроме того, растительный соевый белок не содержит холестерина. Соевый белок хорошо сбалансирован по незаменимым аминокислотам. Соевые бобы являются источником сырья для выработки генистеина. Генистеин – это мощный антиоксидант, который обладает широким биологическим действием, направленным против старения и онкологических заболеваний.

Решить проблему растительного белка можно путем расширения посевов высокобелковых культур и повышения их урожайности.

Проведенный анализ литературных публикаций по селекции, семеноводству зернобобовых культур и сои, технологий их возделывания показал, что соя играет важное значение в зерновом и кормовом балансе сельскохозяйственных производителей. Зеленая масса и зерно сои по содержанию протеина превосходит зерновые культуры больше чем вдвое, по аминокислотному составу белки сои значительно лучше усваиваются [1, 2, 3].

Соя обогащает почву азотом и поэтому является одним из важных предшественников для зерновых, кормовых и технических культур [3].

В 1991–1992 гг. в условиях Пензенской области Беднодемьяновском районе проводились научно-исследовательские работы по разработке и внедрению технологии возделывания сои. Семена сои (сорт Ходсон) завозили из Амурской области. Было доказано, что в условиях Пензенской области возможно возделывание сои [4, 10].

Важнейшим резервом увеличения растительного белка и стабильности производства сои в Рязанской области является использование новых районированных продуктивных сортов с улучшенными биохимическими характеристиками, менее чувствительных к стрессовым ситуациям, обеспечивающих рентабельное выращивание культуры.

Климатические условия Центрального Нечерноземья во многом отличаются от условий традиционных районов возделывания сои Приморского края, Амурской области, Краснодарского края. Поэтому встал вопрос разработки технологии возделывания сои в условиях Центрального Нечерноземья [4].

В последнее время регионы Центральной черноземной зоны (ЦЧЗ) (Воронежская, Тамбовская, Орловская, Белгородская, Курская, Липецкая) активно реализуют программу по производству сои, так как причин этому несколько: первая – в ЦЧЗ хорошо развито животноводство, где требуются белковые кормовые культуры; вторая и главная – ЦЧЗ является одной из благоприятных для возделывания сои. В этом регионе существуют все необходимые агроклиматические ресурсы для производства сои [11].

ФГБНУ Рязанский НИИ сельского хозяйства (Рязанская область с. Подвязье) выведены уникальные сорта сои северного экотипа, которые при сумме активных температур 1750 градусов в состоянии давать урожай до 30 ц/га с высоким содержанием белка 42-45%. В центральном районе Нечерноземной зоны рекомендуется возделывание сортов сои северного экотипа выведенных учёными ФГБНУ Рязанский НИИ: Магева, Светлая, Касатка, Окская. [1, 2, 3, 4].

Все сорта сои Института относятся к пищевому направлению. Если в среднем из 1 кг сои вырабатывается 1,5 кг тофу, то из 1 кг Рязанского сорта «Светлая» выход тофу достигает до 3 кг [1, 2].

Объем мирового производства сои растёт. В 2019 году собран рекордный урожай сои – 352 млн тонн. Основными импортерами сои являются: США, Бразилия, Аргентина, Китай, Индия, Парагвай, Канада, Украина, Уругвай, Боливия, Турция, Иран, Египет [9, 11, 12].

Соя остаётся одной из наиболее востребованных на российском рынке агрокультур. По данным Федерального центра оценки безопасности и качества зерна, на сою приходится 58% всего импорта зерновых и масличных. За 2017-2018 годы импорт сои в Россию составил 1,7 млн. т, что на 11% больше аналогичного периода предыдущего селхоз. года [9, 10].

В результате проведенного анализа литературных источников сделаны выводы.

1. Потенциал России выращивания сои для потребностей внутреннего рынка низкий. Между тем потенциал выращивания сои для потребностей внутреннего рынка России высокий. Отечественные товаропроизводители заинтересованы в наращивании объёмов производства продовольственного и кормового зерна и масличных культур, в том числе сои. Спрос на зерно с высоким содержанием растительного белка растет. Сою успешно и экономически выгодно выращивать в условиях Рязанской области. Соя используется в пищевой, перерабатывающей промышленности, а также в животноводстве. Стратегически Россия должна взять курс на уменьшение объёмов импорта, путем создания благоприятных условия для организации возделывания сои в условиях России.

2. Потенциал внедрения технологий возделывания и переработки сои на пищевые цели в производственных подразделениях уголовно-исполнительной системы достаточно высокий и перспективный. Учитывая, что промышленный сектор уголовно-исполнительной системы входит в число ведущих отечественных товаропроизводителей по объёму производства и ассортименту выпускаемой продукции, производство сои в условиях УИС возможно будет направлено на удовлетворение спроса внутри страны, удовлетворение потребностей животноводства. Продукты питания полученные с компонентами переработки сои могут быть использованы в рационе питания заключенных как альтернатива традиционным источникам белка.

## Литература

1. Вавилова, Н.В. Перспективы возделывания сои в Рязанской области для производства масла// Сб.: Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур : Материалы Международной научно-практической конференции (Рязань, 15-16 февр. 2013 г.). – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. С. 54-56.

2. Гуреева, Е.В. Сравнительная характеристика сортов сои северного экотипа // Наука и инновации АПК : Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Кемерово, 2007. – С. 76-77.

3. Возможности возделывания сои в условиях Рязанской области/ В.Д. Липин, В.П. Топилин, Т.В. Липина и др. // Вестник Совета молодых учёных РГАТУ. – 2018. – № 1 (6). – С. 32-35.

4. Липин, В.Д. Обоснование параметров и совершенствование вертикально-дискового аппарата для посева семян сои : автореф. дис. ... канд. техн. наук/ В.Д. Липин. – М., 1993. – 16 с.

5. Макарова, О.В. Специфика производственной деятельности в уголовно-исполнительной системе/ О.В. Макарова // Экономика и бизнес. – 2016. – № 4. – С. 22-26.

6. Технология и средства механизации для обеспечения учреждений уголовно-исполнительной системы соевым молоком/ Р.А. Мамонов, В.Д. Липин, В.А. Хрипин, И.С. Тюрбеева // Сб.: Преступление, наказание, исправление : Материалы IV

Международного пенитенциарного форума. – Рязань : Академия ФСИН России, 2019. – Том 9. – С. 132-137.

7. Приказ Министерства юстиции РФ от 17 сентября 2018 г. № 189 «Об установлении повышенных норм питания, рационов питания и норм замены одних продуктов питания другими, применяемых при организации питания осужденных, а также подозреваемых и обвиняемых в совершении преступлений, находящихся в учреждениях федеральной службы исполнения наказаний. На мирное время. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71954592/>

8. Приказ ФСИН России от 2 сентября 2016 г. № 696 «Об утверждении Порядка организации питания осужденных, подозреваемых и обвиняемых, содержащихся в учреждениях уголовно-исполнительной системы». – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_208884](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_208884).

9. Россия нарастила импорт сои. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/30212-gossiia-narastila-import-soi/>.

10. Саун, В.А. Сею сою/ В.А. Саун, Г.Е. Листопад, В.Д. Липин // Сельский механизатор. – 1993. – № 1. – С. 9.

11. Соя, её сорта, технология выращивания (производство). Состав сои/ Агрохолдинг «Союз». – Режим доступа: [http://agrogold.ru/soya\\_e\\_sorta\\_tehnologiya\\_vyrasch](http://agrogold.ru/soya_e_sorta_tehnologiya_vyrasch)

12. ТОП 10 стран-производителей сои в мире. – Режим доступа: <https://latifundist.com/rating/top-10-stran-proizvoditelej-soi-v-mire>.

**УДК 631.331**

## **ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ С МНОГОПРОФИЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРОЙ ВЫПУСКАЕМОЙ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНИКИ**

**(на примере АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании Amazonen-Werke)**

*В.А. Милюткин<sup>1</sup>, Д.С. Сазонов<sup>1</sup>, V.Вихманн<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, Самарская обл.

<sup>2</sup> Компания «AMAZONEN-WERKE», АО «Евротехника», г. Хасберген, Германия

**Аннотация.** В статье рассматриваются приоритетные основы при выборе из большого количества предложений на сегодняшний день машин и оборудования для сельскохозяйственных технологий при модернизации машинно-тракторного парка. Доказаны преимущества крупных широко известных, положительно себя зарекомендовавших сельхозмашиностроительных предприятий на территории Российской Федерации, выпускающих основную гамму машин с различной производительностью для выбора оптимальных марок агропредприятием, обеспечивающих выполнение работ строго в региональные агросроки.

**Ключевые слова:** предприятие, техника, оптимизация, производительность, агросрок.

**Summary.** The article discusses the priority foundations when choosing from a large number of proposals for today machines and equipment for agricultural technologies in the modernization of the machine and tractor fleet. The advantages of large, well-known, positively proven agricultural and machine-building enterprises on the territory of the Russian Federation, producing a basic range of machines with different productivity for the selection of optimal brands by an agricultural enterprise, ensuring the execution of work strictly on regional agrodates have been prov.

**Key words:** enterprise, technology, optimization, productivity, agro-term.

Значительный спад сельскохозяйственного производства в «перестроечный» период в значительной степени обусловлен «обрушением» материально-технической укомплектованности агропромышленного комплекса страны из-за массового закрытия промышленных предприятий и невозможности приобретения зарубежной сельскохозяйственной техники. Если крестьяне еще могли посеять что-то, то убирать было не чем-просто не было комбайнов и их практически перестали выпускать три наших комбайностроительных флагмана «Ростсельмаш», «Красноярский комбайновый завод» и «Таганрогский комбайновый завод». В переходный период в экстренном порядке повсеместно в регионах был внедрен послевоенный опыт создания и использования машинно-технических станций-МТС, постепенно стали восстанавливаться некоторые сельхоз-машиностроительные заводы, правительство поддержало закупку зарубежных сельхозмашин и открытие на территории страны совместные с западными компаниями предприятия по выпуску современных сельскохозяйственной техники. В это время в Самарской области по инициативе губернатора К.А. Титова сначала на конверсионных предприятиях стали выпускать машины мирового уровня для высокоэффективных технологий возделывания картофеля и зерновых, а затем было создано совместное предприятие АО «Евротехника» (первый директор - Орлова Л.В.) по выпуску лицензионной техники известной в Европе немецкой компании AMAZONEN-Werke, в настоящее время данное предприятие со 100% немецкой собственностью и представляет собой по развитию одно из ведущих в России сельхоз-машиностроительных предприятий по прицепной технике (рисунок 1). С учетом территориально близкого расположения сельхоз-машиностроительного завода по выпуску лучшей европейской техники для самых передовых мировых технологий с высшим учебным профессиональным заведением Самарской государственной академией ныне Самарский государственный аграрный университет, уже более 20 лет за счет тесного взаимного научно-производственного и кадрового сотрудничества лицензионная техника компании «AMAZONEN-Werke» хорошо адаптируется и эффективно используется во многих агропредприятиях России.



Рисунок 1 – Основное производство-завод в г. Самаре АО «Евротехника»

По концепции «Интеллектуального растениеводства»[2,3]-снижение затрат и бережливое отношение к окружающей среде, компанией «AMAZONEN-Werke» принято за основу обеспечения оптимального развития посевов с устойчивой урожайностью и качеством при одновременном снижении расходов на средства защиты растений и

удобрения, повышение точности и автоматизации сельскохозяйственной техники в настоящее время и в будущем. Признание лидирующих позиций АО «Евротехника» российскими аграриями так же основано на высокой эффективности и широкой номенклатуре с различными характеристиками по ширине захвата и производительности представляемой техники для оптимизации состава машинно-тракторного парка для возделывания разнообразных сельхозкультур (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сельхозмашины АО «Евротехника» для возделывания сельхоз культур

Данное обстоятельство позволяет в соответствии с исследованиями Самарского ГАУ при выборе сельхозмашин для технологических операций для энерго-владо-ресурсосберегающих технологий NO-Till, MINI-Till оптимизировать состав и количество машин по главному критерию-их выработке в оптимальные региональные агротехнические сроки на каждой технологической операции[1-13]. В частности при поверхностной обработке почвы дисковыми боронами «Catros»[10] (рисунок 3а), имеющими 10 модификаций по ширине захвата (2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 12,0 м) и соответственно по производительности в час, смену, агросрок составлена номограмма для обоснования оптимального количества дис-ковых борон с учетом структуры посевных площадей и уровня агропредприятия по площади сельхозугодий (рисунок 4).



Рисунок 3 – Почвообрабатывающие агрегаты для технологии MINI-Till:  
а) дисковая борона «Catros», б) мульчирующий культиватор «Cenius»

Из рисунка 4 можно определить часовую производительность и марку агрегатов Catros при различной ширине захвата и рабочей скорости, что дает возможность агропредприятиям с учетом структуры посевных площадей и агротехнических сроков качественно проводить обработку почвы и оптимизировать состав машинно-тракторного парка.

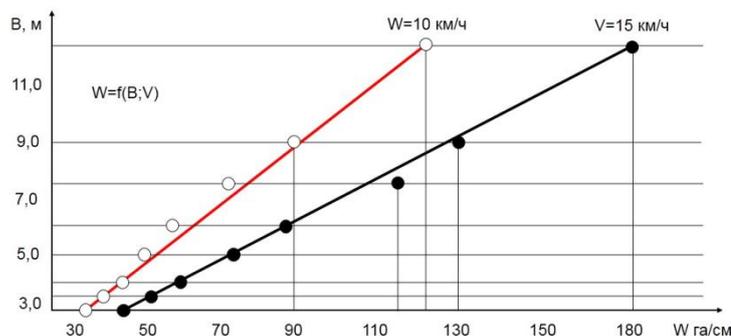


Рисунок 4 – Производительность (W, га/смену) дисковых почвообрабатывающих агрегатов CAT-ROS в зависимости от ширины захвата (B, м) и рабочей скорости (V, км/ч: 0-10, 0-15)

Аналогичная методика при оптимизации широкой номенклатуры сеялочных агрегатов (рисунок 5) [1, 3, 9] и машин для агрохимических мероприятий (защитные-опрыскиватели и внесение удобрений-разбрасыватели) (рисунок 6) АО «Евротехника», для которых Самарский ГАУ также рассчитал основные технико-технологические показатели для эффективной их загрузки в агропредприятиях различного уровня и применяемым технологиям [6, 7, 8], при этом учитывалось назначение техники AMAZONEN для самых современных мировых технологий, внедряемых в АПК нашей страны с обеспечением высоких урожаев с хорошим качеством продукции.



Рисунок 5 – Сеялки компании «AMAZONEN-Werke»-АО«Евротехника»: DMC, Condor, Citan



Рисунок 6 – Опрыскиватель для защиты растений и разбрасыватель минеральных удобрений широкого ряда машин компании «AMAZONEN-Werke»-АО«Евротехника»

Таким образом проводимая в настоящее время оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятий при значительной поддержке со стороны государства должна коренным образом изменить (и это успешно происходит) ситуацию в сельском хозяйстве страны с надежным представлением России в Мире как одной из ведущих стран по экспорту продовольствия при надежной собственной продовольственной безопасности.

### Литература

1. Милюткин, В.А. Высокоэффективная техника для энерго-, влаго-, ресурсосберегающих мировых технологий Mini-Till, No-Till в системе точного земледелия России : Монография/ В.А. Милюткин, В.Э. Буксман, М.А. Канаев. – Кинель : РИО Самарской ГСХА. – 2018. – 182 с.
2. Милюткин, В.А. Энерго-ресурсо-влагосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин/ В.А. Милюткин, С.А. Толпекин, В.В. Орлов // Сб.: Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях : Материалы международной научно-практической конференции: в 5 частях. Волгоградский ГАУ. – 2016. – С. 232-236.
3. Милюткин, В.А. Эффективная политика аграрных машиностроительных фирм в развитии интеллектуальных технологий в земледелии (на примере совместной деятельности компании «Amazonen – Werke» (Германия) в России-АО «Евротехника» (Самара)/ В.А. Милюткин // Агрофорсайт. – 2017. – № 2. – С. 1-5.
4. Милюткин, В.А. Возможности повышения продуктивности сельхозугодий влагосберегающими технологиями высокоэффективной техникой «AMAZONEN-Werke»/ В.А. Милюткин, А.П. Цирулев // Материалы Международной научно-практической конференции. – Министерство сельского хозяйства РФ; Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2016. – С. 220-224.
5. Милюткин, В.А. Техничко-эксплуатационное обоснование рационального комплекса высокотехнологичных сеялок ДМС для агроприятий различного уровня/ В.А. Милюткин, Д. Хайнц, В.Э. Буксман // Сб.: Инновационные достижения науки и техники АПК : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 416-421.
6. Милюткин, В.А. Формирование рационального состава наиболее эффективных разбрасывателей минеральных удобрений для агропредприятий/ В.А. Милюткин, М.А. Канаев, В.Э. Буксман и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6. – С.111-114.
7. Милюткин, В.А. Повышение эффективности опрыскивателей для внесения жидких минеральных удобрений/ В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (69). – С.119-122.

8. Милюткин, В.А. Приоритетные конструктивные и технологические особенности опрыскива-телей для защиты растений при техперевооружении агропредприятий АПК/ В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // Нива Поволжья. – 2018. – № 1 (46). – С. 97-102.

9. Милюткин, В.А. Оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятия при выборе сельхозмашин (сеялок) по основным технико-технологическим показателям/ В.А. Милюткин, С.А. Соловьев, З.В. Макаровская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 122-124.

10. Милюткин, В.А. Эффективное техническое перевооружение сельхозпредприятий дисковыми почвообрабатывающими орудиями CATROS (Германия-Россия)/ В.А. Милюткин, С.А. Толпекин // Нива Поволжья. – 2017. – № 3 (44). – С. 90-95.

11. Милюткин, В.А. Комплексная оценка эксплуатационно-технологических параметров тяжелых дисковых борон CERTOS TX для агропредприятий различного уровня / В.А. Милюткин, Ю.А. Савельев, В.Э. Буксман // Сб.: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацелуро. – 2018. – С. 72-76.

12. Милюткин, В.А. Внедрение высокоэффективных мировых технологий в земледелии с использованием техники совместного производства в России/ В.А. Милюткин, В.Э. Буксманн // Сб.: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. – 2017. – С. 199-203.

13. Милюткин, В.А. Техничко-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования/ В.А. Милюткин, Н.Г. Длужевский, О.Н. Длужевский // АгроФорум. – 2020. – № 2. – С. 47-51.

14. Водолазская, Н.В. К вопросу увеличения срока службы оборудования перерабатывающих предприятий АПК/ Н.В. Водолазская, А.Г. Минасян, Г.И. Наседкин // Сб.: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий : Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. – ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – С. 24-25.

15. Романова, Л.В. Инновации в АПК в условиях цифровизации/ Л.В. Романова, О.Н. Фочкина // Сб.: Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе : Материалы Международной научной конференции. – 2020. – С. 241-244.

16. Современная с.-х. техника и энергосберегающие технологии в хозяйствах Рязанской области/ Н.В. Бышов, А.М. Лопатин, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин // Сборник научных трудов, посвященный 55-летию инженерного факультета. – Рязань : РГСХА, 2005. – С. 43-47.

**УДК 681.5**

## **РАЗРАБОТКА АНАЛИЗАТОРА ЧАСТОТНО-ГРОМКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ IOS УСТРОЙСТВА**

*И.А. Морозов<sup>1</sup>, Н.В. Бышов<sup>1</sup>, И.Ю. Богданчиков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Работа посвящена созданию экспериментальной настройки для анализатора частотно-громких характеристик звука на базе платформы Arduino с помощью устройства iOS. В задачу исследования входили вопросы использования Arduino, программной оболочки Arduino IDE, работа с её библиотеками, концепция и коррекция программ (эскизов) для их задач, создание прототипа установки.

**Ключевые слова:** разработка, анализатор, характеристики частоты и громкости, звук, база платформы Arduino, использование устройства iOS.

**Summary.** The work is devoted to the creation of an experimental setup for the analyzer of the frequency-loudness characteristics of sound based on the Arduino platform using an iOS device. The research task included questions of using Arduino, the Arduino IDE software shell, working with its libraries, the concept and correction of programs (sketches) for their tasks, and creating a prototype of the installation.

**Key words:** development, analyzer, frequency and loudness characteristics, sound, base of the Arduino platform, use of an iOS device.

В последнее время все больше наблюдается распространение так называемых умных мобильных устройств, развивается интернет вещей.

В связи с этим развитие мобильных приложений, позволяющих управлять дистанционно различными устройствами, является довольно актуальной темой. Программно-аппаратный комплекс должен обеспечивать: анализ частотно-громкостных характеристик звука; визуализацию анализированных данных на адресной светодиодной ленте; управление комплексом посредством технологии Bluetooth [1, 3].

**Цель исследований:** создание экспериментальной установки анализатора частотно-громкостных характеристик звука на базе платформы Arduino с использованием iOS устройства. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- научиться пользоваться Arduino, программной оболочкой Arduino IDE, работать с её библиотеками, понимать и корректировать программы (скетчи) для своих задач;
- создать прототип установки.

#### **Материал и методы исследований**

В своей работе использовали следующие методы исследования:

- реверс-инженерный метод анализа информации из Internet – ресурсов, которые затрагивают данный вопрос;
- моделирование установки;

В работе использовали микроконтроллер Arduino и среду разработки Arduino IDE. Arduino относится к семейству программируемых микроконтроллеров для легкого создания средств автоматизации и робототехники и разнообразных электро - механических устройств.

Среда разработки Xcode – это продукт компании Apple для разработки программного обеспечения для платформ iOS, macOS, WatchOS и tvOS, который компания интегрирует в свои устройства на операционной системе macOS. Данная среда разработки является уникальной среди аналогов. Сотрудники Apple заложили все, что необходимо разработчику. Из базового функционала можно выделить: интуитивно понятный редактор кода с подсветкой синтаксиса, расширенные возможности отладки программ, простой, но многофункциональный интерфейс.

Xcode поддерживает языки программирования: C, C++, Objective-C, Java, AppleScript, Python, Ruby, ResEdit и Swift, с различными моделями программирования, включая, но не ограничиваясь, Cocoa, Carbon и Java. Сторонние разработчики добавили поддержку GNU Pascal, Free Pascal, Ada, C#, Perl и D.

В качестве языка программирования для разработки был выбран язык Swift. Базовые языки для iOS - ObjectiveC и Swift. Swift создавался с целью закрыть все недостатки ObjectiveC и не отвергнуть уже состоявшихся разработчиков.

В качестве технологии связи мобильного устройства с аппаратной частью анализатора была выбрана технология BLE. Самым главным свойством в BLE является то, что устройства связи умеют переходить в синхронный режим работы.

В результате проведенных исследований была создана аппаратная часть проекта. На рисунке 1 представлена принципиальная схема экспериментальной установки.

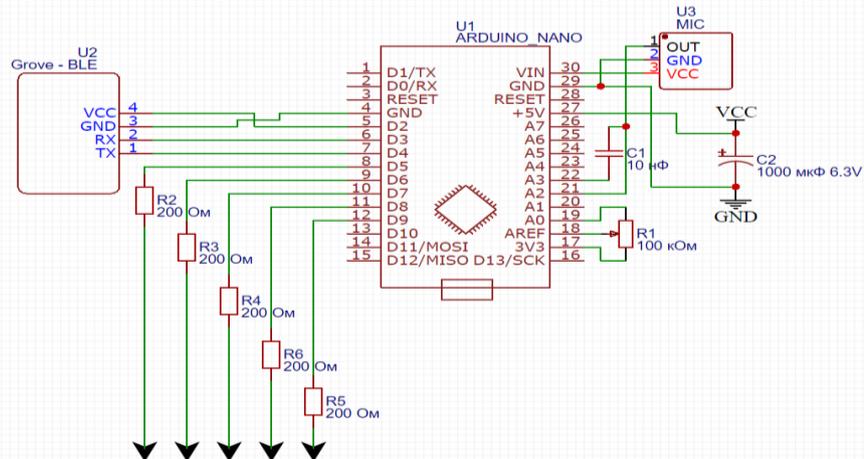


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

Цифровые пины 8, 9, 11, 12 используются для подключения адресной светодиодной ленты. Цифровой вход ленты идёт напрямую на вход микроконтроллера внутри диода, поэтому между ним и управляющим пином ардуино нужен токоограничивающий резистор с номиналом 200–500 Ом. Без него есть большой шанс выгорания пина Ардуино или первого светодиода в ленте.

Между входом 5 вольт и земли устанавливается электролитический конденсатор. Мигающая лента создаёт помехи на линию питания, а если лента и контроллер питаются от одного источника – помехи идут на микроконтроллер и могут стать причиной нестабильной работы. Для сглаживания таких помех используется электролитический конденсатор 6.3В ёмкостью 470 мкФ.

Для изменения опорного напряжения используется переменный резистор. Это нужно для компенсации различной высоты сигнала на входе, то есть при изменении источника сигнала. Он устанавливается на пины 3.3V, AREF и A0.

Для отсеечения постоянной составляющей звуковой волны используется конденсатор 10 нФ.

Модуль Bluetooth с низким энергопотреблением устанавливается в пины 4, 5, 6, 7.

После проектирования электрической схемы на следующем этапе разработки аппаратной составляющей анализатора была спроектирована и разведена плата. Разводка платы осуществлялась в программе Sprint Layout. Травление осуществлялось по лазерно-утюжной технологии.

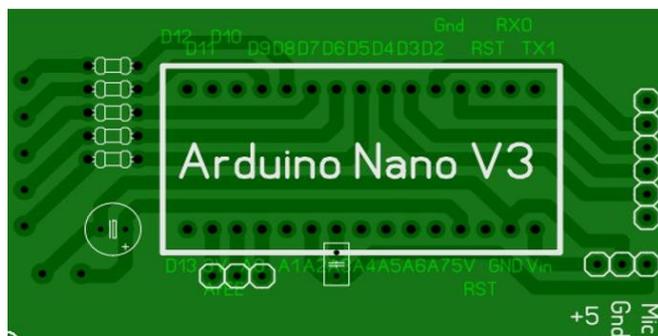


Рисунок 2 –Разводка схемы



Рисунок 3 – Собраный аппаратный модуль

На рисунке 4 изображена упрощённая блок-схема программной части МК.



Рисунок 4 – Упрощённая блок-схема программной части МК

На рисунке 5 показана файловая структура, по которой было разработано мобильное приложение:

- BluetoothSerial.swift – скрипт для реализации поиска BLE устройств;
- ScannerViewController.swift – управляющий скрипт окна с поиском BLE устройств;
- MainViewController.swift – управляющий view controller для экранов приложения с параметрами режимов;
- SettingsViewController.swift – управляющий view controller для настроек приложения.

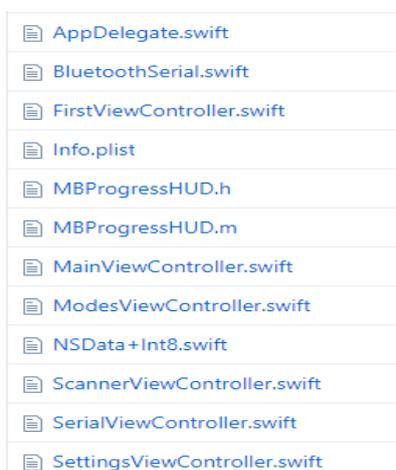


Рисунок 5 – Файловая структура проекта

В процессе работы были написаны библиотеки, которые позволяют реализовать функции взаимодействия VIEW контроллера и блютуз модуля, которые могут быть использованы в различных проектах.

Таким образом, в результате проделанной работы было разработано, установлено и протестировано готовое устройство. Были разработаны методы передачи данных с Arduino на iOS посредством технологии Bluetooth, которые можно использовать в сторонних проектах, используя готовые библиотеки и сториборды.

Проект Постоянно обновляется и актуальную версию приложения, а так же прошивок микроконтроллера можно найти на странице GitHub [https://github.com/shomrash/color\\_music](https://github.com/shomrash/color_music).

## Литература

1. Apple Inc. The Swift Programming Language (Swift 5.1). Apple Inc., 2014. – Режим доступа: <https://books.apple.com/ru/book/the-swift-programming-language-swift-5-3/id881256329>
2. Блум, Джерми. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства/ Дж. Блум. – BHV, 2015.
3. Усов, В. Swift. Основы разработки приложений под iOS, iPadOS и macOS/ В. Усов. – СПб. : Питер, 2019.
4. Богданчиков, И.Ю. Цифровые технологии в агрегате для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения/ И.Ю. Богданчиков // Сб.: Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе : Материалы Национальной научно-практической конференции. – п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. – С.122-126.
5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019661223. Программный модуль аналитического блока агрегата для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения/ И.Ю. Богданчиков И.Ю., Д.А. Муругов, В.А. Романчук. – Оpubл. 23.08.19.
6. Bogdanchikov, I.Y. Digital technology for the disposal of the non-cereal portion of the crop as fertilizer/ I.Y. Bogdanchikov, V.A. Romanchuk // Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – 421. – Pp. 042008.
7. Есенин, М.А. К вопросу использования беспилотных летательных аппаратов в технологиях утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения/ М.А. Есенин, И.Ю. Богданчиков, А.Н. Бачурин // Материалы Всероссийской Национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения профессора А.М. Лопатина. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 88-94.
8. Хабарова, Т.А. Практикум. Методы экологических исследований/ Т.В. Хабарова, Д.В. Виноградов, А.В. Щур. – Рязань, 2017. – 128 с.
9. Романова, Л.В. Инновации в АПК в условиях цифровизации/ Л.В. Романова, О.Н. Фочкина // Сб.: Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе : Материалы Международной научной конференции. – 2020. – С. 241-244.

УДК 620.9

### К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАСЕК

*Н.Б. Нагаев<sup>1</sup>, А.В. Булгакова<sup>1</sup>, А.В. Протасов<sup>1</sup>, П.Э. Бочков<sup>1</sup>, П.Е. Чамкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ

**Аннотация.** Для электроснабжения удаленных пасек, возможно единственный рациональный вариант это использование возобновляемых источников энергии. Для этого не потребуются больших денежных затрат, как для подведения линий электропередачи и нет необходимости в большой мощности, так как оборудование используемое на пасеках

маломощное и используется редко. В работе проанализированы существующие комплексы автономного электроснабжения, сделаны выводы и рекомендации по их применению.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, гелиоустановка, автономный комплекс электроснабжения.

**Summary.** For power supply of remote apiaries, perhaps the only rational option is the use of renewable energy sources. This does not require large monetary costs, as for the supply of power lines, and there is no need for high power, since the equipment used in apiaries is low-power and is rarely used. The paper analyzes the existing systems of autonomous power supply, draws conclusions and recommendations for their use.

**Key words:** renewable energy sources, solar installation, automotive power supply complex.

При рассмотрении удаленных и сельских пасек наиболее доступным видом возобновляемых источников энергии является энергия солнечного излучения, а так же ветра и биотоплива. Данный факт обусловлен несколькими особенностями, такими как требования к размещению домашних хозяйств и расположением крупных пасек в нашей стране в районах с весьма высоким уровнем инсоляции и умеренными розами ветров. В связи с этим, для использования автономного энергетического генерирующего оборудования на основе ВИЭ является весьма перспективным направлением работы. Кроме того, следует сказать о применении такого подхода к энергоснабжению в зимние периоды года, когда необходимо непрерывное функционирование оборудования, установленного для создания и обеспечения оптимального микроклимата в период зимовки пчелиных семей [1, 2].

Эксперты считают, что солнечный коллектор является универсальным и одним из наиболее перспективных устройств для применения возобновляемых источников энергии для местности с достаточным количеством годового солнечного света. Солнечные коллекторы относительно недорогие и простые устройства, поэтому весьма сильно привлекают отдельных пользователей. Однако для них присутствуют свойственные изменения мощности, связанные, прежде всего, с ежедневными изменениями плотности потока солнечного излучения, тем самым создается необходимость применения специальных технических средств, работа которых направлена на компенсацию действия этой особенности солнечных систем теплоснабжения. Традиционным подходом к сопряжению установок для генерации энергии на основе ВИЭ с потребителями являются использование аккумуляторов для организации резервного источника энергии и более многофункциональных по составу источников энергосистемы. Ключевым достоинством такого варианта видится надежное электропитание, однако эксплуатационные расходы и большие затраты на реализацию этого способа электроснабжения снижают эффективность функционирования комплекса в целом. Основываясь на существующем опыте, можно сказать, что применять аккумуляторные батареи более перспективно. Емкость аккумуляторных батарей для хранения электроэнергии должна быть экономически и энергетически обоснована [3, 4].

Для бесперебойной работы технических средств обеспечения оптимального микроклимата в пчелиных ульях рекомендуется использовать различные преобразователи возобновляемой энергии в электрическую энергию. Причина кроется в том, что электрическая нагрузка пчеловодческих хозяйств невелика, для электропитания потребителей перспективно и целесообразно использование фотогальванических модулей и ветровых электрических установок [5,6]. Для вышеупомянутых преобразователей энергии, а также солнечных коллекторов свойственно изменения мощности в зависимости от внешних факторов. Данный факт является определяющим условием для необходимости использования аккумуляторных батарей для хранения электрической энергии.

Для создания и поддержания благоприятного для пчел микроклимата (газовый режим, влажность, и температура) внутри ульев предполагается применение соответствующих

технических средств: калориферы, воздухопроводы, вентиляторы, контроллеры и т. д., которые в итоге влияют на потребление электроэнергии пчаской в зимний период.

Исходя из этого, для структуры автономного комплекса необходима аккумуляторная батарея, теплообменники для циркуляции тепловой энергии между элементами комплекса, солнечный коллектор, трубы системы теплоснабжения, аккумуляторные батареи, фотоэлектрический модуль, ветроэлектрическая установка, контроллер для зарядки аккумуляторов, система управления подачей охлаждающей жидкости в ульи. Объединение различных типов преобразователей вместе с использованием аккумуляторов позволяет обеспечить надежное питание пользователя [7, 8].

Структура автономного комплекса для обеспечения оптимального микроклимата в пчелиных ульях, с применением ветроэлектростанции и гелиоустановок представлена на рисунке 1.

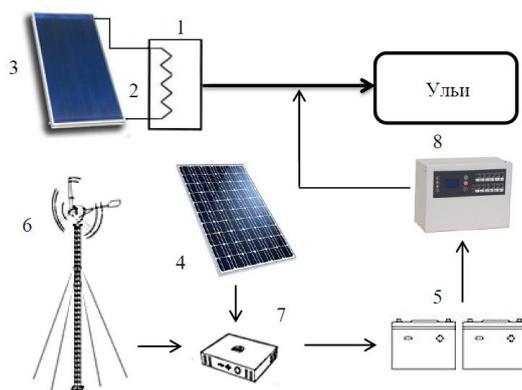


Рисунок 1 – Структура комплекса

Фотоэлектрический модуль 4 (ФМ) и ветроэлектрическая установка 6 (ВЭУ) способны генерировать электрическую энергию с помощью преобразования энергии ветра солнца от возобновляемых источников, а затем передают ее по проводам через систему управления 7 в аккумуляторные батареи 5 (АКБ).

Для сбора тепловой энергии Солнца предназначен вакуумный солнечный коллектор 3 (СК). Затем он передает её с трубопроводов через теплообменник 2 теплового аккумулятора 1 (ТА). После таких преобразований тепловая энергия подается потребителям (ульям). Для контроля этого процесса предусмотрена автоматическая система управления подачей охлаждающей жидкости в ульи 8 (САУ). Для работы этой системы используется энергия, хранящаяся в аккумуляторных батареях 5.

Рассматриваемый комплекс питания для лесных пасек представляет собой сложную систему, поэтому перспективно рассмотреть несколько аспектов для описания ее функционирования: преобразования, накопления и передачи энергии. Графически процесс функционирования комплекса может быть представлен в форме, представленной на рисунке 2.



Рисунок 2 – Графическое изображение функционирования рассматриваемого комплекса

Преобразование энергии солнца и ветра в тепловую и электрическую энергию варьируется в зависимости от процессов перехода одного вида энергии в другой в солнечных коллекторах, фотоэлектрических модулях, ветроэлектрогенераторах связанных с алгоритмами их работы.

Для данных преобразователей ВИЭ, соответственно солнечной и ветровой энергии крайне важно иметь ввиду переменный характер плотности потоков для возобновляемых источников энергии. Плотность потока сильно зависит от влияния на него внешних факторов[9]. В связи с этим следует отметить, что существует несколько способов подбора значений, обосновывающих энергетические характеристики возобновляемых энергетических потоков. Методы подбора систем солнечного отопления следует разделить на две группы:

- использование мгновенных значений;
- использование усредненных (долгосрочных) характеристик.

К мгновенным значениям относятся характеристики климата места (изоляционные, наружные температуры) и накладные параметры (температура охлаждающей жидкости при входе в систему с солнечным коллектором, расход охлаждающей жидкости), обычно их определяют для часового интервала времени работы. Часовые значения используют потому, что информирование об изменениях внешних погодных условий в справочной литературе предоставляется с часовым интервалом. Для работы в течение длительного периода времени (месяц, год) солнечной системы отопления используют Средние (долгосрочные) характеристики. Для детального изучения функциональных возможностей комплекса актуально и необходимо использовать меньшие временные интервалы. Для моделирования способов функционирования комплекса были учтены следующие возможности его работы, величина шага моделирования, значения тревожных факторов на каждом этапе моделирования. Для рассмотрения уровня передачи электроэнергии от трансформаторов к батареям, а затем к потребителям, необходимо учитывать наличие потерь тепловой и электрической энергии. Для расчета влияния этих процессов на получение энергии были учтены параметры технических средств передачи энергии.

Накопление энергии включает в себя процессы, взаимосвязанные с функционированием электрических и тепловых батарей. Описывая их работу, необходимо учитывать технические параметры энергетических батарей, так и динамику тревожных эффектов на каждом этапе моделирования.

В моделировании рассмотрели специфические для функционирования сложные аспекты:

- перегревание солнечных коллекторов, возникает при значительном повышении температуры теплоносителей в тепловом аккумуляторе и в цепи «солнечный коллектор-аккумулятор»;
- ограниченный температурный потенциал теплоносителя батареи для создания оптимального микроклимата для безопасной зимовки пчелиных семей;
- разряд аккумуляторов ниже рекомендованных производителем значений, происходит при использовании недостаточного количества генерируемых ветроэлектрогенераторов и фотоэлектрических модулей электрической энергии для питания пользователей;
- уменьшение количества потока солнечной энергии в ночное время учитывается путем введения скорости использования циркуляционного насоса в цепи «солнечный коллектор-перезаряжаемое тепло»;
- расход охлаждающей жидкости в цепи «тепловая батарея – ульи пчел» регулируется по принципу отрицательной обратной связи.

Результатами моделирования должны стать подобранные параметры, а именно площадь фотоэлектрических модулей, площадь солнечных коллекторов, емкость аккумуляторных батарей, объем бака теплового аккумулятора.

## Литература

1. Каширин, Д.Е. Энергосберегающие технологии извлечения перги из сотов специализированными средствами механизации : автореф. дис. ... д-р техн. наук/ Д.Е. Каширин. – Саранск, 2013.
2. Нагаев, Н.Б. Теоретическое исследование процесса отделения воскового сырья от рамок центробежными силами/ В.Ф. Некрашевич, А.С. Попов, Нагаев Н.Б.// Вестник РГАТУ. – 2015. – № 3 (27). – С. 76-79.
3. Теоретическое обоснование времени нарастания защитного слоя из воска на гранулы подкормки для пчел/ В.Ф. Некрашевич, Н.Е. Лузгин, Е.И. Троицкий и др. // Вестник РГАТУ. – 2015. – № 3 (27). – С. 118-123.
4. Исследование теплофизических и реологических свойств воскового сырья и воска/ В.Ф. Некрашевич, Н.Е. Лузгин, Н.Б. Нагаев, Н.А. Грунин // Сб.: Исследования молодых ученых – аграрному производству : Материалы онлайн-конференции, посвященной Дню российской науки. Ассоциация аграрных вузов ЦФО. – 2015. – С. 102-110.
5. Повышение выхода воска путем отпрессовки шнековым прессом/ В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, С.Н. Гобелев, Н.А. Грунин // Сб.: Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». – 2016. – С. 227-233.
6. Недостатки трехфазных стабилизаторов напряжения при несимметрии напряжений/ Н.Б. Нагаев, Л.Я. Максименко, А.В. Булгакова и др. // Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 173-177.
7. Энергетический потенциал окружающей среды в АПК/ Н.Б. Нагаев, С.Н. Гобелев, Л.Я. Максименко и др. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2019. – № 1 (8). – С. 80-84.
8. Направления повышения энергоэффективности освещения и облучения в сельском хозяйстве/ Н.Б. Нагаев, Е.С. Семина, А.А. Жильцова и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 295-302.
9. К вопросу применения светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Н.Б. Нагаев, Л.Я. Максименко, А.В. Булгакова и др. // Сб.: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 165-171.

УДК 631.3:621.382.2

### СТРУКТУРА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 кВ

*Н.Б. Нагаев<sup>1</sup>, С.О. Митин<sup>1</sup>, Е.В. Кондрашов<sup>1</sup>, А.М. Попков<sup>1</sup>, Н.О. Лиханов<sup>1</sup>*

*ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

**Аннотация.** Снижение потерь электрической энергии весьма актуальный вопрос, тем более в устаревших сельских электрических сетях. Причин возникновения потерь при транспортировке много, они есть как неизбежные, так и от которых можно и нужно избавляться. Большая часть их связана с несинусоидальностью, несимметрией и реактивной мощностью. В работе проанализированы основные причины, приводящие к потерям электроэнергии при транспортировке от которых можно избавиться, сделаны выводы и рекомендации по их сокращению.

**Ключевые слова:** потери электрической энергии, структура потерь, технические и нагрузочные потери.

**Summary.** Reduction of electric energy losses is a very topical issue, especially in outdated rural electric networks. There are many reasons for losses during transportation, they are both unavoidable, and they can and should be disposed of. Most of them are related to non-sinusoidality, asymmetry, and reactive power. The paper analyzes the main causes that lead to energy losses during transportation, which can be eliminated, and makes conclusions and recommendations for reducing them.

**Key words:** electric power losses, structure of losses, technical and load losses.

Для транспортировки электрической энергии с площадок по её производству к месту использования расходуется процент от количества передаваемой энергии, при этом нет необходимости использования других дополнительных ресурсов. Исходя из этого, электричество является уникальным по своей структуре типом продукта. Процент электроэнергии, предназначенный для транспортировки основной ее части, называется потерями электрической энергии. Ключевым направлением энергосбережения в электрических сетях является сокращение потерь электроэнергии до экономически и технически обоснованных минимальных значений [1].

На рисунке 1 показана динамика за период 1994–2015 гг. потерь электроэнергии в электрических сетях РФ [1, 2, 3]. Общие потери в электросетях страны за это время возрастают и в абсолютном значении, и в процентах от сдаваемой электрической энергии в сеть. Анализ зависимости (рисунок 1) показывает, что за рассматриваемый период отдача электроэнергии в сеть возросла на 33,4%, абсолютные потери сократились на 34,9%. Относительные потери электроэнергии достигли максимума 12,5% в 1999 году, в последующий период колеблются на сравнительно высоком уровне, выше 12% до 2005 года, после чего они начали постепенно снижаться до 2015 года и установились в размере 10,1%. В сельских электросетях относительные потери в целом превышают 20% и более, а в электрораспределительных организациях, снабжающих АПК, они могут достигать 40–50% [4].

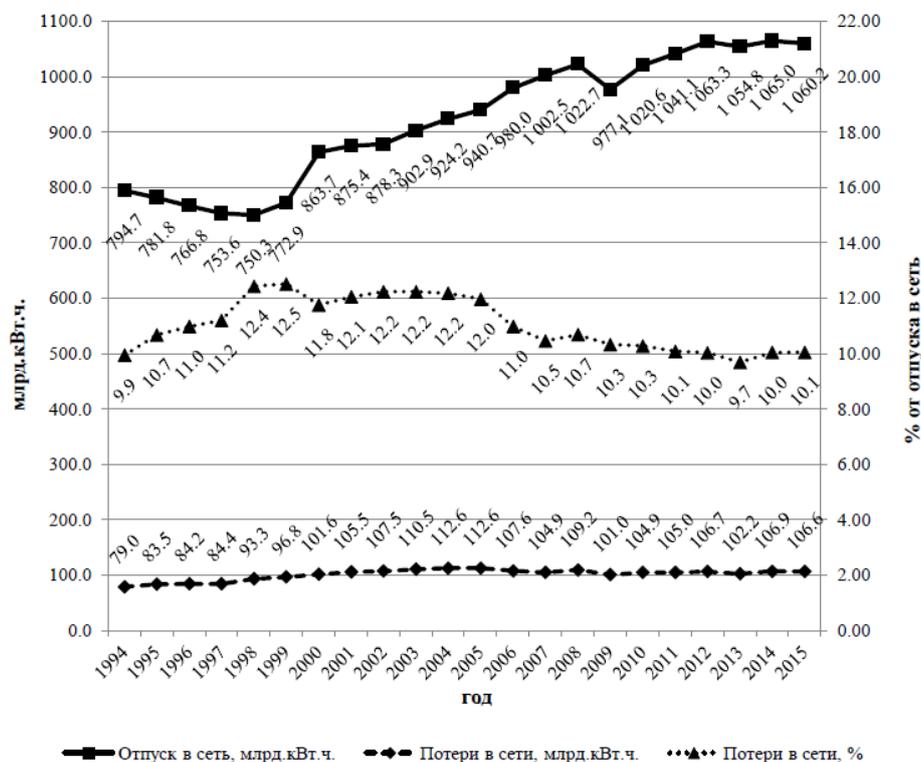


Рисунок 1 – Динамика потерь электрической энергии в сетях Российской Федерации за 1994–2015 гг.

Для сравнения и анализа на рисунке 2 показаны зависимости относительных потерь энергии в электрических сетях зарубежных стран.

Рисунок 2 показывает об относительных потерях электроэнергии при транспортировке в странах Западной Европы и Японии, которые не поднимаются выше 9%. Немного больше показатель в Канаде и Новой Зеландии – 9,8–11,0% [5, 6]. Эти данные свидетельствуют о том, что электроснабжающие сети имеют необходимость в совершенствовании самих сетей, а так же способов передачи электроэнергии через них.

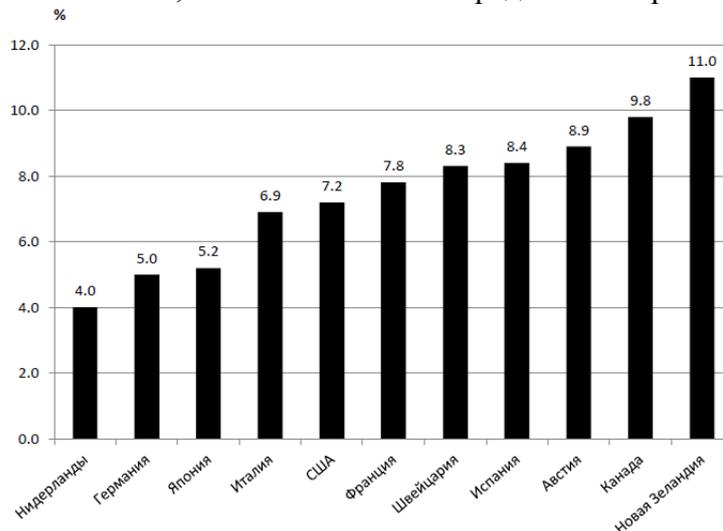


Рисунок 2 – Потеря электроэнергии в сетях за рубежом

Разница между электричеством, входящим в электрическую сеть и освобожденным от сети потребителями является фактическими потерями электроэнергии. На практике отчетные потери электроэнергии включают в себя множество различные компоненты, таких как: потери электроэнергии в элементах сети, имеющие чисто физический характер, на обеспечение собственных нужд станций и подстанций, неточность фиксации количества электроэнергии приборами ее учета, хищения электроэнергии, скрытие истинных показаний счетчиков и других подобных ситуаций [7].



Рисунок 3 – Классификация потерь электроэнергии в сети 0,38 кВ

Для каждого элемента электрической сети при транспортировке электрического тока по энергосистеме возникают потери. По проведённому анализу литературных источников была сформирована структура потерь электроэнергии в сетях 0,38 кВ (рис.3), необходимая для исследования составляющих компонентов потерь в элементах сети и оценки необходимости, соответствующих мер, направленных на сокращение потерь электроэнергии при транспортировке.

Сумма трёх компонентов, вызванных потребностями процесса передачи энергии по электросетям и программного её учёта с помощью счетчиков, в литературе носит название

«технологические потери». Технологическими потерями электрической энергии, называют потери которые рассчитывают по формулам и эти потери учитывают при нормативом расчете технологических потерь электроэнергии.

Третий компонент это коммерческие потери электроэнергии, в нем учитывают человеческий фактор во всех его проявлениях. Они включают в себя целенаправленную кражу электрической энергии с применением мошеннических действий с показаниями счетчиков, с их «взломом», а также разного рода неисправности измерительных приборов, и неоплаты по показаниям приборов и т. д. Коммерческие потери несут случайный характер, поэтому не могут быть рассчитаны с помощью математического подхода. Для их расчета используют разницу между реальными потерями и расчетными значениями технологических потерь [8].

Технические потери электроэнергии разделяют на следующие несколько компонентов [9]:

Потери нагрузки. Это потери электрической энергии в отдельных элементах электрической сети, по которой протекает ток нагрузки. Другими словами во всех элементах, составляющих электрическую сеть линии электропередачи: силовой трансформатор, контактные соединения, измерительные трансформаторы тока, токоограничивающие реакторы и др. Из этого следует следующий вывод, что величина потерь зависят от проходящей через них мощности (тока) в во всех элементах электрической сети.

Потери холостого хода, также их называют условно постоянными. Данные потери электроэнергии не зависят от тока нагрузки и имеют место быть при наличии напряжения питания, их численное значение в большинстве случаев существенно не варьируется в зависимости от изменения напряжения. Потери холостого хода состоят из потерей электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах (КУ), трансформаторах напряжения, устройствах для ВЧ-соединения, а также потерях в изоляции кабелей.

Потери, возникающие из-за утечек через изоляторы ВЛ. Этот вид потерь напрямую зависит от погодных условий, относится к климатическим потерям.

Потери нагрузки активной мощности и, следовательно, их составляющие компоненты потерь электроэнергии могут быть разложены на следующие элементы:

$$\Delta P = \Delta P_P + \Delta P_Q + \Delta P_{S2} + \Delta P_{S0} + \Delta P_D \quad (1)$$

где  $\Delta P_P$  – потери мощности активной мощности, Вт;

$\Delta P_Q$  – потери мощности реактивной мощности, Вт;

$\Delta P_{S2}$  – потери мощности пульсаций, то есть, токами обратной последовательности основной частоты, Вт;

$\Delta P_{S0}$  – потери мощности скрытой мощности, то есть, токами нулевой последовательности, Вт;

$\Delta P_D$  – потери мощности искажений, то есть, токами высших гармонических составляющих, Вт.

Первый компонент показывает активную составляющую потерь активной мощности, остальные компоненты относят к неактивным потерям активной мощности. Активные потери электроэнергии, представляют собой необходимый минимум физических потерь электроэнергии, без которых передача электрической энергии попросту невозможно. Для оставшихся неактивных компонентов характерно то, что от них нужно избавляться без всякого рода последствий. Современные методы выявления нагрузочных потерь электроэнергии состоит всего лишь двух компонентов – активные и реактивные потери, вызванные протеканием реактивной мощности. Остальные составляющие потерь электроэнергии не обсуждаются нормативом потерь электроэнергии и переходят в ряды торговых потерь.

Позиция специалистов по вопросу дополнительных нагрузочных потерь от потока неактивной мощности различны, однако многие авторов отмечают, что величина этих потерь

значительна, и пренебрежение ими неприемлемо. Подытожив, хочется сказать что несинусоидальность, несимметрия и реактивная мощность являются ключевыми факторами, которые оказывают негативное влияние на увеличение потерь электроэнергии при передаче.

### Литература

1. Каширин, Д.Е. Энергосберегающие технологии извлечения перги из сотов специализированными средствами механизации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук/ Д.Е. Каширин. – Саранск, 2013.
2. Нагаев, Н.Б. Теоретическое исследование процесса отделения воскового сырья от рамок центробежными силами/ В.Ф. Некрашевич, А.С. Попов, Н.Б. Нагаев // Вестник РГАТУ. – 2015. – № 3 (27). – С. 76-79.
3. Анализ источников света для освещения предприятий АПК/ Н.Б. Нагаев, Л.Я. Максименко, А.В. Булгакова и др. // Сб.: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 171-176.
4. Некрашевич, В.Ф. Исследование теплофизических и реологических свойств воскового сырья и воска/ В.Ф. Некрашевич, Н.Е. Лузгин, Н.Б. Нагаев, Н.А. Грунин // Сб.: Исследования молодых ученых – аграрному производству : Материалы онлайн-конференции, посвященной Дню российской науки. Ассоциация аграрных вузов ЦФО. – 2015. – С. 102-110.
5. Повышение выхода воска путем отпрессовки шнековым прессом/ В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, С.Н. Гобелев, Н.А. Грунин // Сб.: Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». – 2016. – С. 227-233.
6. Недостатки трехфазных стабилизаторов напряжения при несимметрии напряжений/ Н.Б. Нагаев, Л.Я. Максименко, А.В. Булгакова и др. // Материалы Всероссийской Национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора А.М. Лопатина. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 173-177.
7. Энергетический потенциал окружающей среды в АПК/ Н.Б. Нагаев, С.Н. Гобелев, Л.Я. Максименко, А.А. Жильцова, В.А. Тюкин // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2019. – № 1 (8). – С. 80-84.
8. Направления повышения энергоэффективности освещения и облучения в сельском хозяйстве/ Н.Б. Нагаев, Е.С. Семина, А.А. Жильцова и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 295-302.
9. Нагаев, Н.Б. К вопросу применения светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Н.Б. Нагаев, Л.Я. Максименко, А.В. Булгакова, М.Д. Исаев, А.Ю. Волков // Сб.: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 165-171.

УДК 631.37

### АНАЛИЗ СРЕДСТВ ДЕЗИНФЕКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

*Н.М. Новиков<sup>1</sup>, А.О. Полегаева<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Сельское хозяйство развивается с невероятной скоростью и становится неотъемлемой частью жизни. Перевозка скота и сырья животного происхождения пользуется

популярностью. Но нельзя забывать о сохранности перевозимого груза. В данной статье проведен анализ средств дезинфекции, используемых при транспортировке животных.

**Ключевые слова:** средства дезинфекции, сельское хозяйство, средства дезинфекции транспортных средств, перевозка животных, способы обработки транспортных средств, обработка площадок после погрузки и выгрузки животных, места проведения санитарной обработки.

**Summary.** Agriculture is developing at incredible speed and becoming an integral part of life. The transportation of livestock and raw materials of animal origin is popular. But we must not forget about the safety of the transported cargo. This article analyses the disinfectants used in transporting animals.

**Key words:** means of disinfection, agriculture, means of disinfection of vehicles, transportation of animals, methods of treatment of vehicles, treatment of sites after loading and unloading of animals, places of sanitation.

Одной из главных отраслей экономики является животноводство. Перевозка животных – это неотъемлемая часть производственного цикла крупного рогатого скота сельскохозяйственного назначения.

В системе ветеринарно-санитарных мероприятий, обеспечивающих благополучие животноводства по заразным болезням, повышение продуктивности животных (птицы) и санитарного качества продуктов, сырья и кормов животного происхождения дезинфекция занимает одно из важных мест.

Дезинфекция играет важную роль в системе ветеринарно-санитарных мероприятий. Это отражается на повышении качества продуктов и продуктивности животных. Также это позволяет разорвать эпизоотическую цепь размножения опасных микроорганизмов и инфекций.

На данный момент в медицине существует множество дезинфицирующих средств, применяемых в практике. Самыми востребованными средствами для обработки являются:

- «Бианол» – используется для обработки помещений, вспомогательных объектов;
- «Алмадез» – используется для обработки поверхностей в помещениях;
- «Формальдегид» – для дезинфекции оптических приборов, для уничтожения возбудителей на транспорте;
- «Хлорная известь» – применяется для дегазации местности, дорог, зданий, бетонных поверхностей;
- «Едкий натр» – используется для дезинфекции местности;
- «Септустерил» – назначается для обработки поверхностей в помещениях, санитарно-технического оборудования.

Транспортные средства, которые обрабатываются по первой категории очищаются от мусора и навоза, далее осуществляется уборка горячей водой. Температура промываемой поверхности должна быть не ниже 60°C, давление при выходе из аппарата не менее 2 атмосфер. Начинается промывка с пола и приспособлений, потом стены, потолок, двери и решетки. Загрязнения, которые не смогли отмыть водой, удаляют с помощью скребков, щеток и метел. Далее пол и приспособления промывают второй раз до исчезновения остатков грязи.

Принцип подачи воды под высоким давлением считается наиболее эффективным для обработки транспортных средств. Для этого используются специально оборудованные машины, которые осуществляют дезинфекцию струей воды под давлением 14 атмосфер.

Средства перевозки, обрабатываемые по второй категории, проходят механическую очистку, помимо дезинфекции и промывки. Прежде чем начать уборку, внутренние поверхности, а также все приспособления обрабатывают дезинфицирующим раствором.

При влажной обработке транспортных средств используют специальные установки. Они оснащены распыляющими инструментами. Дезинфекцию проводят в два этапа. Первый

этап – обработка внутренних поверхностей, начиная с пола и до потолка. Второй этап – это вторичная обработка.

Раствор для обработки наносят равномерно и под прямым углом на внутреннюю поверхность транспортного средства. Особое внимание уделяется углам, дверям и малодоступным частям машины. Также тщательной обработке подвергается внешняя часть.

Использование средств, которые способствуют разрушению металлов, строго запрещается.

Обработка под давлением и химические средства не применяются для обработки конструкций с особенностями строения. Это может привести к разрушению покрытий и работоспособности механизмов. Дезинфекцию таких отсеков проводят с учетом мер предосторожности. Они прописаны в правовых нормативных актах и ветеринарно-санитарных требованиях.

Обработку транспортных средств можно осуществлять при помощи пара, соблюдая режим:

1) после механической очистки транспортное средство промывают горячей водой под высоким давлением не менее 14 атмосфер;

2) внутренний объем транспортного средства заполняют текучим паром при давлении 2–5 атмосфер в течение 15 минут и получасовой экспозиции поступления пара в вагон или контейнер.

По второй категории обработка осуществляется с помощью способа аэрозольной дезинфекции и насадок. Прилагаемый компрессор должен иметь производительность не менее 30 кубических м/час. Помещения, в которых производится такая обработка, должны быть герметичны, а температура воздуха – не менее +12 °С, влажность – выше 60%.

Дезинфекцию объектов по второй категории производят с помощью: осветленного раствора хлорной извести с содержанием 3% активного хлора; 5% раствора хлорамина; 2% раствора формальдегида, 4% горячего раствора едкого натра; щелочного раствора формальдегида, содержащий 3% формальдегида и 3% едкого натра или 2% формальдегида и 1% едкого натра.

При обработке транспортных средств по третьей категории очищают от навоза, далее дезинфицируют.

Как и в случае обработки по второй категории, перед дезинфекцией производят механическую очистку поверхностей. Предметы и ненужное оборудование сжигают.

Средство для обработки наносят на заранее обеззараживаемую поверхность транспортного средства. Спустя 30 минут все промывают горячей водой до полного очищения. После влажной уборки повторно обрабатывают поверхности, используя дезинфицирующий раствор. Процедуру обработки повторяют до 4-5 раз. Далее транспортное средство промывают горячей водой.

Для дезинфекции объектов по третьей категории используют: осветленные растворы хлорной извести или гипохлорита кальция, содержащие не менее 5% активного хлора; 4% раствор формальдегида; 0,4% раствор надуксусной кислоты; 10% горячий раствор едкого натра при двукратном нанесении по 0,5 л/м<sup>2</sup> с интервалом 1 час и экспозиции 3 часа.

Места стоянок животных дезинфицируют взвесью хлорной извести, содержащей 5 % активного хлора; 4% раствором формальдегида; или 10% раствором едкого натра, или щелочным раствором формальдегида, содержащим 3% формальдегида и 3% едкого натра. Норма расхода дезинфицирующих средств 10 л/м<sup>2</sup>. В зимнее время для предотвращения замерзания растворов дезинфицирующих средств к ним добавляют 10–15% поваренной соли.

В местах с коротким зимним периодом и температурой воздуха не ниже 0°С обработку транспорта производят в специальных дезинфицирующих ваннах. Ее размеры по зеркалу раствора должны быть не менее 12 метров в длину, ширина – 3,5 метров в ширину, 60 сантиметров в глубину при высоте слоя раствора 30 сантиметров.

В регионах, где переменчивый климат обработка транспортных средств проводится в отапливаемых барьерах или блоках.

Дезинфицирующий блок находится со стороны въезда и оснащен необходимыми ветеринарно-санитарными инструментами. Они обеспечивают механическую очистку и мойку транспортных средств. Также в блоке находится специальное оборудование канализации для нейтрализации сточных вод. После промывки их дезинфицируют и обезвреживают. Воды по первой категории направляют в городскую канализацию или подключают к стоковой сети, поступающих после обработки средств по второй категории. После ветеринарно-санитарной обработки по третьей категории сточные воды собирают отдельно и обеззараживают.

При помощи тест-объектов с поверхностями определяют эффективность обработки, заложенных в вагон, золотистого стафилококка для вагонов, подвергнутых ветеринарно-санитарной обработке по второй категории и антракоида по третьей категории.

В месяц контроль качества дезинфекции производят не реже 2-3 раз. При возникновении необходимости проверка может осуществляться чаще. Объём 20–30% транспортных от суточной нормы обработки предоставляется для исследования.

В транспортные средства перед обработкой помещаются деревянные или металлические тесты. Их располагают на полу, стенах, потолке. Иногда очерчивают квадраты, контамированные суточной культурой золотистого стафилококка при дезинфекции вагонов по второй категории и недельной культурой антракоида при дезинфекции по третьей категории.

По окончании дезинфекции поверхности теста или квадрата протирают стерильными тампонами, тем самым собирая пробы.

Дезинфекция считается удовлетворительной, если нет роста микробов во всех пробах.

Площадки для погрузочно-разгрузочных работ очищают после каждой обработки. Если обнаружены случаи инфицирования, то места операции дезинфицируют.

Навоз, при наличии возбудителей, убирают для биотермического обеззараживания. Используется 5–10% взвесь хлорной извести, где не менее 25% активного хлора, или 10–20% взвесь свежегашеной извести, также 5% растворы серно-карболовой смеси.

При наличии спорообразующих организмов дезинфицирующие поверхности обрабатывают обеззараживающим раствором. Мусор, который собрали во время очистки, сжигают. Далее площадку обеззараживают раствором хлорки, с 5% содержанием активного хлора.

К средствам, которые используются для дезинфекции, предъявляются требования, исходящие из необходимости обеззараживания объектов. Дезинфектанты должны обладать бактерицидностью, без стойких неприятных запахов, не портит предметы, хорошо растворяться в воде, было недорогим и транспортируемым.

На основе проведённого анализа, можно сказать, что дезинфекцию необходимо проводить с определённой периодичностью, которую устанавливают в зависимости от болезней, технологии производства, климата. Существует три категории обработки транспортных средств, которые зависят от степени загрязнения и типа обрабатываемой поверхности. Это помогает произвести более качественную дезинфекцию.

## Литература

1. Неруш, Ю.М., Транспортная логистика: учебник для академического бакалавриата/ Ю.М. Неруш, С.В. Саркисов. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 351 с.
2. Мурусидзе, Д.Н. Технологии производства продукции животноводства/ Д.Н. Мурусидзе, В.Н. Легеза, Р.Ф. Филонов. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 417 с.
3. Писменская, В.Н. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных/ В.Н. Писменская, Е.М. Ленченко, Л.А. Голицына. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 292 с.
4. Грицай, Е.В. Убой скота и разделка туш/ Е.В. Грицай, Н.П. Грицай. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 264 с.

5. Рогов, И.А. Технология хранения и стандартизации мяса и мясных продуктов/ И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Козюлин. – Краснодар : КубГАУ, 2008. – 615 с.
6. Пат. РФ № 8889. Ветеринарный станок/ Г.М. Туников, Б.А. Улитовский, В.В. Коченов. – Опубл. 06.04.1998.
7. Коченов, В.В. Лечение травм копытцев коров/ Г.М. Туников, В.В. Коченов, П.В. Фомин // Сб.: Энергосберегающие технологии использования и ремонта машинно-тракторного парка : Материалы научно-практической конференции инженерного факультета, посвященной 50-летию кафедр «Эксплуатация машинно-тракторного парка» и «Технология металлов и ремонт машин». – Рязань : РГАТУ, 2004. – С. 175-176.
8. Развитие АПК на основе рационального природопользования : Монография/ Л.А. Бадынский, О.А. Бедункова, С.А. Беловол и др. – Саарбрюккен, 2015. – 278 с.
9. Крючков, М.М. Инновационные элементы современных систем земледелия в АПК Рязанской области/ М.М. Крючков, В.И. Левин, Я.В. Костин // Вестник РГАТУ. – 2010. – № 3 (7). – С. 8-11.
10. Текучев, И.К. Проблемы реализации технологических новаций в животноводстве/ И.К. Текучев, Ю.А. Иванов, Л.П. Кормановский // АПК: Экономика, управление. – 2017. – № 5. – С. 21-29.

УДК 631.171

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЧЕЛОВОДСТВА И УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ПАСЕКИ

*Д.О. Олейник<sup>1</sup>, С.Н. Гобелев<sup>1</sup>, И.И. Шанина<sup>1</sup>, А.В. Калинин<sup>1</sup>, Ю.В. Чибизова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В статье представлено описание устройства для автоматизации процессов пчеловодства и удаленного мониторинга пасек на основе современных телекоммуникационных технологий.

**Ключевые слова:** улей, пчелы, телематика, мониторинг пасеки, умный улей, умное животноводство.

**Summary.** The article describes a device for automating beekeeping processes and remote monitoring of apiaries based on modern telecommunications technologies.

**Key words:** beehive, bees, telematics, apiary monitoring, smart beehive, precision livestock farming.

Пчеловодство в России, в силу сложившихся медосборных условий, получило достаточно широкое распространение и по развитию данного направления наша страна входит в первую десятку в мировом масштабе. В Рязанской области, согласно статистическим данным, производство меда снижается, численность пчелосемей колеблется и так же имеет тенденцию к снижению. При этом на долю сельскохозяйственных предприятий приходится порядка 7% сбора товарного меда, 93% собирают пчелиные семьи приусадебного сектора [1].



- 4) получение информации о целостности улья (улей опрокинули, открыли крышку или что-то на него поставили);
- 5) возможность контролировать вес улья [2], [3 с. 234].

Предлагаемое устройство для удаленного мониторинга пасеки, ориентированное на нужды пчеловодческих хозяйств, можно именовать «интеллектуальная пасека» или «умный улей» (см. рисунок 3), оно базируется на возможностях разработанного и изготовленного в Рязанском государственном агротехнологическом университете, на базе малого инновационного предприятия «АГРОНАСС», бортового навигационно-связного устройство ГЛОНАСС [3, 4], функционал которого позволяет осуществлять:

- 1) контроль, в режиме реального времени, температуры окружающей среды и/или температуры в улье и передача этой информации пользователю с заданной периодичностью;
- 2) контроль, в режиме реального времени, влажность окружающей среды и/или влажности в улье и передача этой информации пользователю с заданной периодичностью;
- 3) контроль, акустической картины улья в режиме реального времени, а также с возможностью записи и последующего анализа амплитудно-частотных характеристик (например, для оценки состояния пчел в холодное время года);
- 4) получать информацию о состоянии улья благодаря встроенному в устройство акселерометру, выполняющего функции как датчика удара (имело ли место опрокидывание, открытие крышки или какие-либо другие воздействия) и передача этой информации пользователю с заданной периодичностью;
- 5) возможность измерять и контролировать вес контрольного улья в режиме реального времени и вести историю наблюдений.

Собирая информацию о состоянии ульев и их обитателей система, по средствам телекоммуникационных сетей, передает её на мобильное устройство пчеловода, что позволяет ему более точно понимать происходящие процессы и более эффективно обслуживать пасеку.

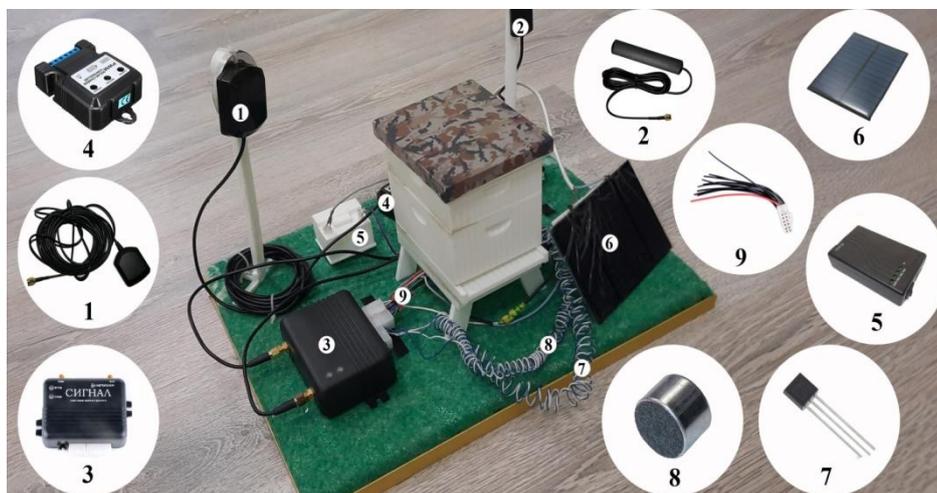


Рисунок 3 – Макетный образец устройства для удаленного мониторинга пасеки:

- 1 – антенна для приема навигационного сигнала, 2 – антенна для приема/передачи сигнала,
- 3 – телекоммуникационный терминал, 4 – контроллер питания, 5 – источник питания (аккумуляторная батарея), 6 – солнечная батарея, 7 – датчик температуры, 8 – микрофон,
- 9 – контактный коммуникационный разъем

Основными факторами окупаемости подобного устройства будет являться экономия на топливе и времени, за счет оптимизации графика посещения удаленных пасек, увеличении сбора меда, за счет более глубокого понимания происходящих процессов и более эффективного обслуживания пасеки, предотвращения ущерба за счет оперативного реагирования на резкие изменения в поведении пчел или состояния улья [2].

## Литература

1. Сулова, Т.М. Состояние племенного пчеловодства в Рязанской области/ Т.М. Сулова. – Режим доступа: <https://www.ryazagro.ru/spheres/otrasli/razvitie-otrasley-zhivotnovodstva-i-plemennogo-dela/pchelovodstvo/>
2. Умный улей. – Режим доступа: <http://www.smartbhive.com/>
3. Современные информационные, геоинформационные и телекоммуникационные технологии на службе пчеловодства/ И.И. Шанина, А.В. Калинин, С.А. Нефедова, Д.О. Олейник // Сб.: Материалы Всероссийской Национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина 12–13 ноября 2019 г. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 233-239.
4. Олейник, Д.О. Навигационно-связное устройство для спутникового контроля и мониторинга машинно-тракторного парка, работающее на базе глобальной навигационной системы ГЛОНАСС/ А.В. Логинов, О.Н. Пылаева // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67 Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 146-151.
5. Разработка опытного образца бортового навигационно-связного устройства на платформе ГЛОНАСС/ В.В. Елистратов, Д.О. Олейник, Ю.В. Якунин и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 335.
6. Заводнова, О.Р. Автоматизация процесса сбора меда/ О.Р. Заводнова, С.В. Вендин // Сб.: Молодежный аграрный форум – 2018 : Материалы Международной студенческой конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 246.
7. Лузгин, Н.Е. Приготовление тестообразной подкормки для пчел (канди) в восковой защитной оболочке/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 211-216.
8. Лузгин, Н.Е. Способы и средства механизации приготовления тестообразных подкормок для пчел и их компонентов/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Е.С. Лузгина // Сб.: Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – Рязань : РГАТУ, 2016. – Вып. 12. – С. 233-237.

УДК 621.311.42

### РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ГОДОВОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ ПОДСТАНЦИИ «КУЛИКОВСКАЯ» 110/35/10 кВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

*А.И. Псарев<sup>1</sup>, А.А. Лансберг<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, г. Орел

**Аннотация.** В настоящее время в Российской Федерации происходит стремительное развитие сельскохозяйственных территорий. При этом электрооборудование, используемое в сельском хозяйстве, характеризуется завышенным сроком эксплуатации, что уменьшает надежность работы сельскохозяйственных потребителей. Данная проблема затрагивает не только оборудование, используемое в процессе переработки сельскохозяйственной продукции, но и высоковольтные линии электропередачи и крупные районные подстанции, осуществляющие электроснабжение значительного количества потребителей. В частности, понизительная подстанция Куликовская 110/35/10 кВ Орловского района была введена в эксплуатацию в 1980 году и характеризуется моральным износом оборудования, что требует ее реконструкции, перед проведением которой необходимо определить текущие мощности получающих электроэнергию от подстанции

сельскохозяйственных потребителей в виде графиков нагрузки, расчет которых отражен в данной работе.

**Ключевые слова:** электрические подстанции, надежность электроснабжения, график нагрузки, сельское хозяйство.

**Summary.** Currently, the Russian Federation is experiencing rapid development of agricultural territories. At the same time, electrical equipment used in agriculture is characterized by an overstated service life, which reduces the reliability of agricultural electric receivers. This problem affects not only the equipment used in the processing of agricultural products, but also high-voltage power lines and large district substations that provide electricity to a significant number of consumers. In particular, the Kulikovskaya 110/35/10 kV step-down substation of the Oryol district was put into operation in 1980 and is characterized by obsolescence of equipment, which requires its reconstruction, before which it is necessary to determine the current capacity of agricultural consumers receiving electricity from the substation in the form of load graphs, the calculation of which is reflected in this work.

**Key words:** electric substations, reliability of power supply, load schedule, agriculture.

В настоящее время объекты энергетического комплекса страны характеризуются следующим объемом оборудования со сверхнормативным сроком службы: 59% для подстанций (ПС) (более 25 лет) и 49% для линий электропередачи (ЛЭП) (более 35 лет). Следует отметить, что доля оборудования, находящегося в эксплуатации более 50 лет, составляет 4% для ПС и 18% для ЛЭП. По состоянию на 01.01.2016г. доля основного силового оборудования ПС, находящего в эксплуатации более 25 лет, по разным классам напряжения составила: ПС 1150 кВ – 73%, ПС – 750 кВ – 47%, ПС – 500 кВ – 52%, ПС 330 кВ – 47%, ПС 220 кВ – 74%, ПС 110 кВ и ниже – 57%. Установленное на объектах электроэнергетического хозяйства страны силовое оборудование изготовлено, преимущественно, в 60-70-е годы прошлого века и значительно уступает современным аналогом по техническим характеристикам и массогабартным показателям, тем самым требует увеличивающихся с ростом срока службы затрат на ТО и ТР [1, с.17–20].

По этим причинам необходимо реализовать обновление производственных активов, в объемах, достаточных для недопущения роста доли оборудования, имеющего завышенный срок эксплуатации. Данное мероприятие позволит сократить время перерывов в электроснабжении и ущерб от простоя оборудования, тем самым обеспечить повышение надежности электроснабжения, что является актуальным вопросом исследований, ведущих к разработке новых способов и средств, например таких, как в источнике [2, с. 3–11]

Для технического перевооружения объектов электросетевого комплекса, характеризующихся завышенным сроком эксплуатации, необходимо решить ряд задач, первоочередная из которых – расчет текущих нагрузок потребителей, получающих электроэнергию от соответствующих энергетических объектов. Исходя из этого, для подстанции Куликовская 110/35/10 кВ требуется построить графики нагрузки за прошедший 2019 год и рассчитать их характеристики. Принципиальная электрическая схема силового оборудования подстанции «Куликовская» 110/35/10 кВ представлена на рисунке 1.

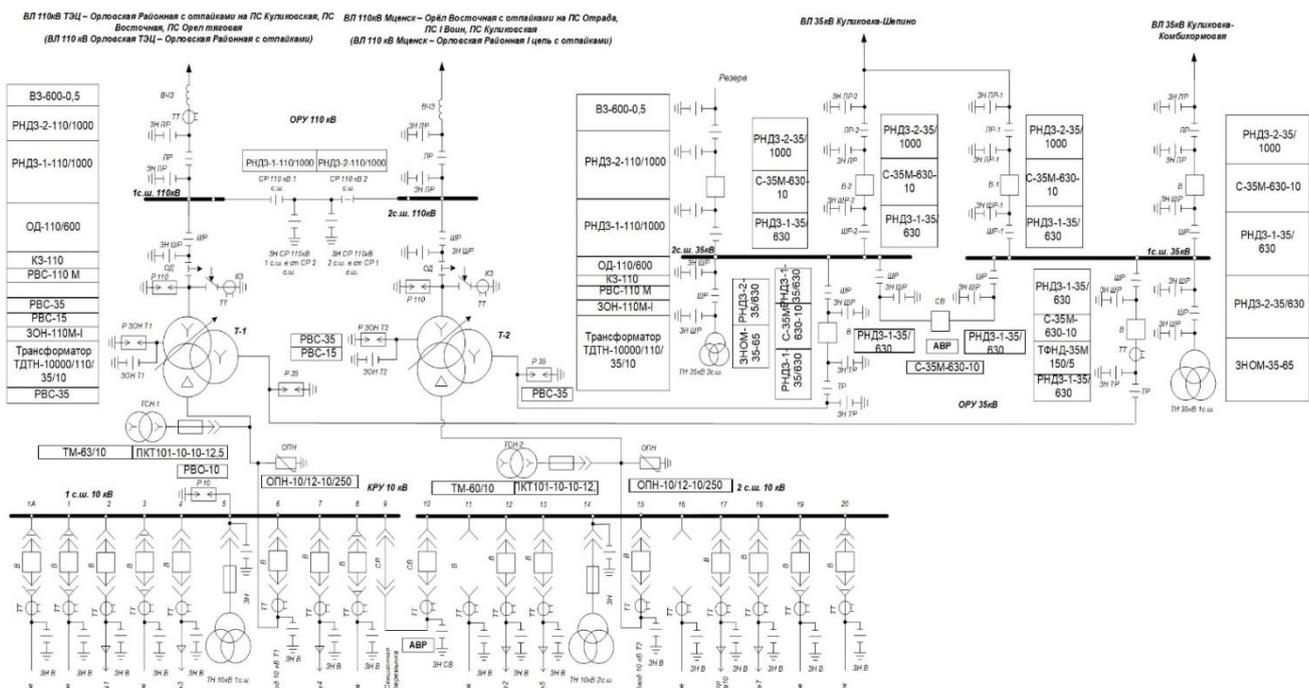


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема тупиковой ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ по состоянию на 2020 г.

Суточные графики активной нагрузки ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ, полученные в результате замеров инженерами филиала ПАО «МРСК Центра» – «ОрелЭнерго», для зимнего и летнего режимных дней представлены на рисунке 2. При этом максимальная полная мощность летнего графика нагрузки за 2019 год составляет 5,21 МВА, а зимнего – 5,171 МВА.

Определим по формуле (1) суточный расход электроэнергии  $W_c$ , МВт\*ч [3, с. 95–102]:

$$W_c = \sum_{i=0}^{24} P_i * t_i, \quad (1)$$

где  $t_i$  – продолжительность  $i$ -ой ступени суточного графика, час;

$P_i$  – мощность  $i$ -ой ступени суточного графика нагрузки, МВт.

Таким образом, суточный расход электроэнергии за летний и зимний режимный день:

$$W_{c.зим.сут.} = \sum_{i=0}^{24} P_i * t_i = 101,422 \text{ (МВт * ч)};$$

$$W_{c.лет.сут.} = \sum_{i=0}^{24} P_i * t_i = 85,07 \text{ (МВт * ч)}.$$

Определим среднесуточные нагрузки  $P_{ср}$ , МВт для графиков летнего и зимнего режимных дней по формуле (2) и отметим их на рисунке 2:

$$P_{ср.сут} = \frac{W_c}{t_c}, \quad (2)$$

где  $t_c$  – продолжительность суток, 24 часа.

Среднесуточные нагрузки для графиков летнего и зимнего режимных дней ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ составляют:

$$P_{ср.зим.сут.} = \frac{101,422}{24} \approx 4,2 \text{ (МВт)};$$

$$P_{ср.лет.сут.} = \frac{85,07}{24} \approx 3,5 \text{ (МВт)}.$$

Суточные летние и зимние графики активных нагрузок ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ за 2019 год

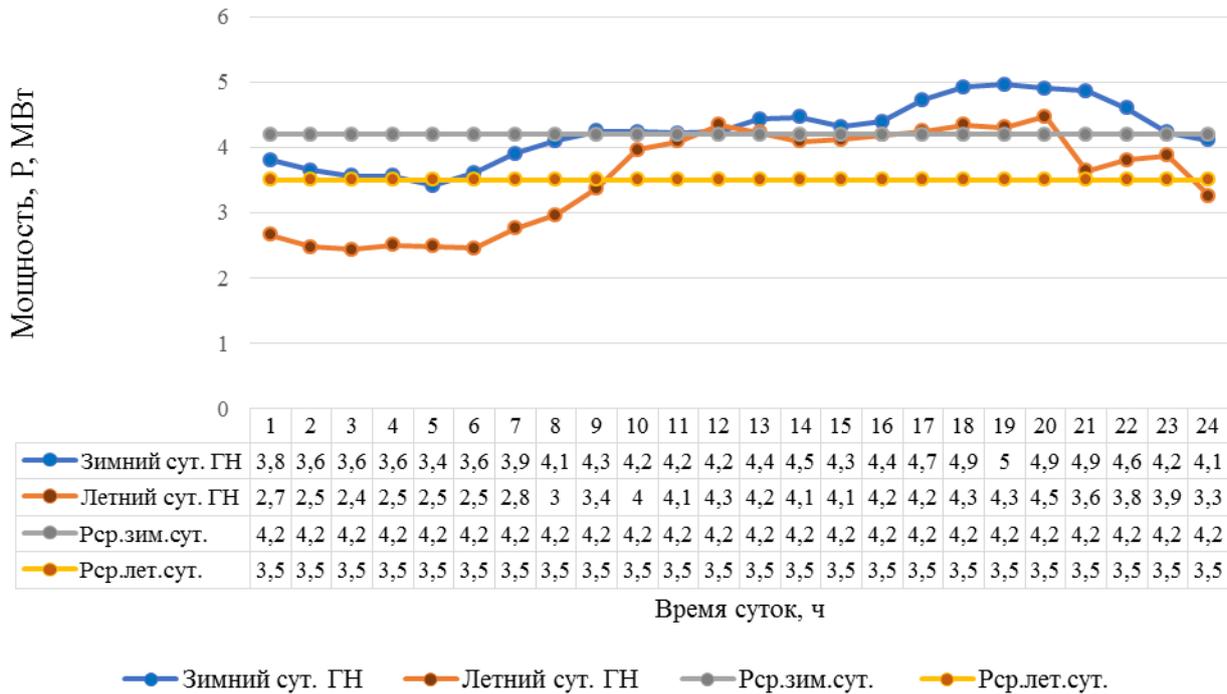


Рисунок 2 – Суточные графики активных нагрузок ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ летнего и зимнего режимных дней за 2019 г.

Определим коэффициенты заполнения графиков нагрузки зимнего и летнего режимных  $K_{зг}$ , показывающие степень неравномерности работы ПС, по формуле (3):

$$K_{зг} = \frac{P_{ср.сут.}}{P_{max}} \quad (3)$$

Таким образом, значения коэффициентов для графиков летнего и зимнего режимных дней:

$$K_{зг.зим.сут.} = \frac{4,2}{4,956} \approx 0,85;$$

$$K_{зг.лет.сут.} = \frac{3,5}{4,474} \approx 0,78.$$

Коэффициент максимума нагрузки определим по формуле (4):

$$K_{max} = \frac{P_{max}}{P_{ср.сут.}} \quad (4)$$

Значения коэффициента для графиков нагрузки суточного зимнего и летнего режимных дней составляет:

$$K_{max.зим.сут.} = \frac{4,956}{4,2} = 1,18;$$

$$K_{max.лет.сут.} = \frac{4,474}{3,5} \approx 1,28.$$

Построим годовой график по продолжительности нагрузки для ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ. Продолжительность действия нагрузок  $P_1$ сут,  $P_2$ сут... $P_n$ сут в течение года определяется по формуле (5) [4, с. 104-108]:

$$t_{nгод} = 213 * t_{nзим.сут.} + 152 * t_{nлет.сут.} \quad (5)$$

где  $t_{nгод}$  – число часов продолжительности действия нагрузки в год;

$t_{nзим.сут.}$  – число часов продолжительности действия нагрузки в зимние сутки;

$t_{nлет.сут.}$  – число часов продолжительности действия нагрузки в летние сутки;

213, 152 – продолжительность летнего (апрель-сентябрь) и зимнего (октябрь-март) периода для средней полосы РФ в днях, согласно данным источников [5, с. 4], [6, с.9].

Таким образом, для ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ расчеты продолжительности ступеней годового графика приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет продолжительности ступеней годового графика по продолжительности активной нагрузки для ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ.

| Мощность ступеней годового графика | Продолжительность ступени годового графика              |
|------------------------------------|---|
| $P_1 = 4,956$ МВт                  | $T_{\text{пгод}} = 213 \cdot 1 + 152 \cdot 0 = 213$ (ч) |
| $P_2 = 4,923$ кВт                  | $T_{\text{пгод}} = 213 \cdot 1 + 152 \cdot 0 = 213$ (ч) |
| $P_3 = 4,897$ кВт                  | $T_{\text{пгод}} = 213 \cdot 1 + 152 \cdot 0 = 213$ (ч) |
| ...                                | ...   |
| $P_{48} = 2,436$ кВт               | $T_{\text{пгод}} = 213 \cdot 0 + 152 \cdot 1 = 152$ (ч) |
| Всего часов:                       | $\sum 8760$ ч.  |

Для облегчения визуального восприятия годового графика нагрузки произведем округление мощностей ступеней до десятых. С учетом этого упрощения, годовой график по продолжительности нагрузки ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ представлен на рисунке 3.

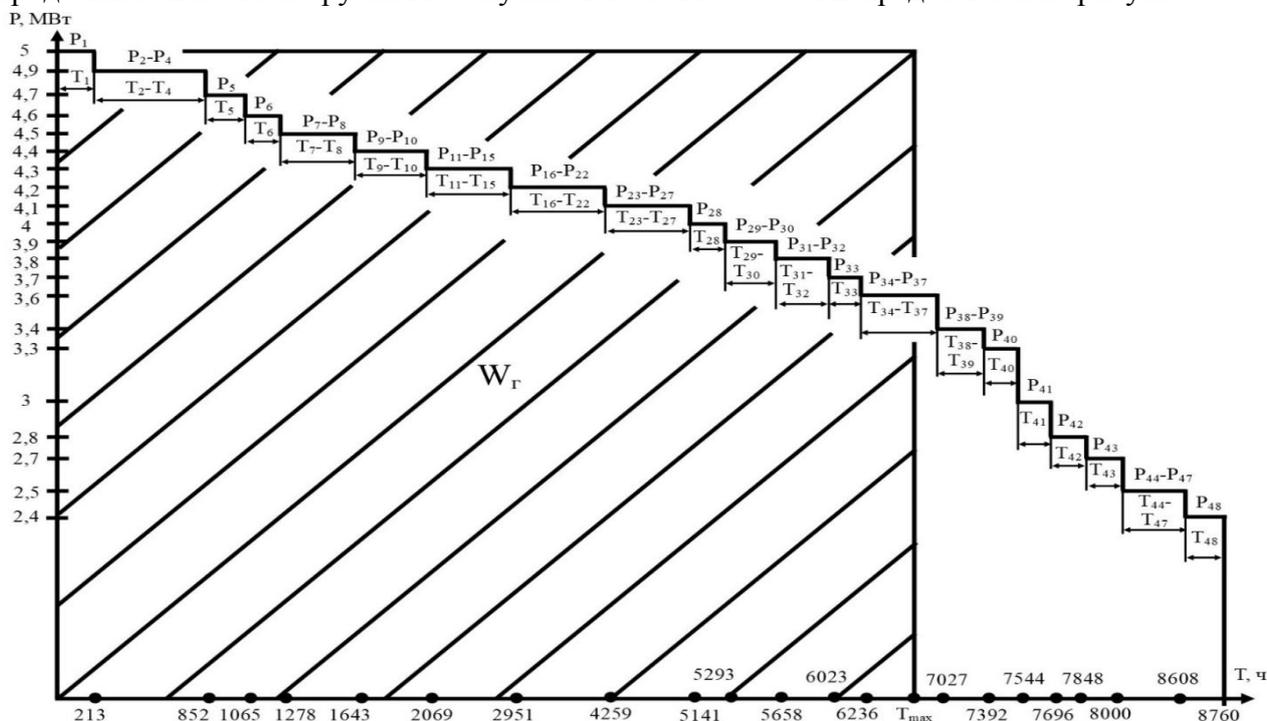


Рисунок 3 – График продолжительности ступеней активной нагрузки 2019 года ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ

Определим годовое потребление электроэнергии ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ по формуле (6) [7, с. 205-209]:

$$W_{\Gamma} = \sum_{i=0}^n P_i \cdot T_i = P_1 \cdot T_1 + \dots + P_{48} \cdot T_{48} = 34533,526 \text{ (МВт} \cdot \text{ч)}. \quad (6)$$

Число часов использования максимум нагрузки ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ рассчитаем по формуле (7):

$$T_{\text{max}} = \frac{W_{\Gamma}}{P_{\text{max}}} = \frac{34533,526}{4,956} = 6968,02381 \text{ (ч)}. \quad (7)$$

Время максимальных потерь мощности, рассчитаем по формуле (8):

$$\tau_{\text{max}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{max}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 5901,757 \text{ (ч)}. \quad (8)$$

Исходя из проведенного исследования следуют выводы, что силовые трансформаторы, установленные на подстанции, работают поочередно, то есть ввиду малой

мощности суточных графиков нагрузки на подстанции «Куликовская» 110/35/10 кВ осуществляется сменная работа силовых трансформаторов по-летнему и зимнему сезонам. Это следует из того, что общая установленная мощность подстанции 20 МВА, а максимальная мощность сезонных графиков нагрузки режимных дней немного более 5 МВА. Следует отметить, что при данном мероприятии не достигается оптимальное использование оборудования подстанции, так как в данном случае оба работающих поочередно трансформатора загружены на 50%, что приводит к появлению излишней реактивной мощности, компенсирование которой в текущей схеме на шинах низкого напряжения (НН) и среднего напряжения (СН) ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ не предусмотрено. То есть в настоящее время реконструируемая ПС «Куликовская» 110/35/10 кВ обладает возможностью резерва и мощностью технологического присоединения 15 МВА, что является экономически неоправданным резервом мощности, так как подстанция расположена в сельской местности и осуществляет электроснабжение потребителей, нагрузки которых растут в среднем за год на 1-2%.

Таким образом, в данной работе была проанализирована нагрузка подстанции «Куликовская» 110/35/10 кВ за 2019 год, полученная в результате замеров инженерами филиала ПАО «МРСК Центра» - «ОрелЭнерго», построены суточные графики нагрузки подстанции зимнего и летнего режимных дней и годовой график нагрузки, произведен расчет характеристик графиков, определена резервная мощность подстанции.

### Литература

1. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». Утверждено Советом Директоров ПАО «Россети» (протокол от 22.02.2017 № 252). – Режим доступа: [https://www.mrsk-ural.ru/public/upload/content/files/2019/tech\\_policy2019.pdf](https://www.mrsk-ural.ru/public/upload/content/files/2019/tech_policy2019.pdf).
2. Анализ времени перерывов в электроснабжении сельских потребителей и методы его сокращения за счет мониторинга технического состояния линий электропередачи/ А.В. Виноградов, А.Н. Васильев, А.Е. Семенов и др. // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 2 (27). – С. 3-11.
3. Лансберг, А.А. Определение характеристик потребителей системы электроснабжения для обоснования применения мультиконтактных коммутационных систем в интеллектуальных электрических сетях/ А.А. Лансберг // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – № 2 (19). – С. 95-102.
4. Виноградов, А.В. Расчет характеристик коровника привязного содержания интеллектуальной системы электроснабжения, содержащей мультиконтактные коммутационные системы, по графикам электрических нагрузок/ А.В. Виноградов, А.А. Лансберг // Сб.: Аграрное образование и наука – в развитии животноводства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Любимова Александра Ивановича. В 2-х томах. – 2020. – С. 104-108.
5. Построение графиков нагрузок и их анализ. – Режим доступа: <https://cyberpedia.su/14x28a5.html>.
6. Расчет и построение графиков нагрузки промышленных предприятий. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5881573/page:9/>.
7. Виноградов, А.В. Расчет числа часов максимального потребления мощности электроприемниками системы электроснабжения демонстрационно-лабораторного стенда «Интеллектуальные электрические сети на основе мультиконтактных коммутационных систем»/ А.В. Виноградов, А.А. Лансберг // Сб.: Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе : Материалы Международной научной конференции. В трех

томах. – 2020. – С. 205-209.

8. Расчет нормативов электропотребления гражданами Белгородской области/ А.А. Виноградов, М.Ю. Махайлова, С.А. Духанин, С.В. Соловьев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 3. – С. 136-139.

9. Яковлев, А.О. Особенности применения цифровых подстанций/ А.О. Яковлев // Сб.: Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIII Международной научно-производственной конференции. – 2019. – С. 119-120.

10. Владимиров, А.Ф. Моделирование влияния внешнего электрического поля на энергетическое и зарядовое состояние атома, отлетающего от поверхности твёрдого тела/ А.Ф. Владимиров // Сб.: Взаимодействие ионов с поверхностью : Материалы XXII Международной конференции. – М., 2015 г. – Т. 1. – С. 315-317.

11. Экологическая безопасность жизнедеятельности человека/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Н.Н. Казачёнок и др. – Рязань : РГАТУ, 2017. – 196 с.

УДК 621.87.93

## МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

*С. Г. Рубец<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки

**Аннотация.** В статье приведена конструкция, которая позволит повысить производительность одноковшового гидравлического экскаватора за счет повышения надежности работы при переоборудовании рабочего оборудования с прямой лопаты на обратную и наоборот.

**Ключевые слова:** *одноковшовый экскаватор, рабочее оборудование, модернизация, производительность.*

**Summary.** The article describes the structure, which will allow to increase productivity of the shovel of the hydraulic excavator by improving reliability with the adjustment of the work equipment with a straight shovel on the back and vice versa.

**Key words:** *single-bucket excavator, working equipment, modernization, productivity.*

Машины для земляных работ являются одними из основных видов машин, с помощью которых осуществляется комплексная механизация в строительстве, на открытых разработках полезных ископаемых, при разработке строительных материалов, в чёрной и цветной металлургии, угольной промышленности, мелиорации сельского хозяйства и других отраслях агропромышленного комплекса [1, с. 56].

Ежегодно в Беларуси увеличиваются объемы строительных работ – сооружаются новые линии железных и автомобильных дорог, возводятся новые заводы и фабрики, растут темпы жилищного строительства, развивается добыча полезных ископаемых строительных материалов, строятся новые нефте- и газопроводы. Интенсивное развитие мелиоративного, сельского и дорожного строительства требует проведения большого объема земляных работ, при выполнении которых используются соответствующие машины, в том числе и экскаваторы-погрузчики, так как они являются одной из основных машин при выполнении данного вида работ.

Наибольшее распространение при производстве земляных, погрузочно-разгрузочных, мелиоративных и других видов работ получили одноковшовые гидравлические экскаваторы.

Эти машины, составляющие до 90% от общего объема производства экскаваторов, выпускают с различными ходовыми устройствами и снабжаются разнообразными сменными рабочими органами [2, с. 78].

По сравнению с канатными экскаваторами эти машины имеют в 1,5...2 раза более высокую производительность, их удельная материалоемкость снизилась на 40...50%, а удельная энергоёмкость – на 15...25%. Увеличилось число сменных видов рабочего оборудования, устанавливаемых на экскаваторах, что значительно расширяет область их применения [3, с. 79].

Однако опыт показывает, что большое разнообразие и специфические условия производства работ требуют непрерывного улучшения эксплуатационных качеств применяемых машин, создания новых более универсальных.

В настоящее время, несмотря на разнообразие одноковшовых гидравлических экскаваторов, проблемы, связанные с энергосбережением в процессе копания, остаются актуальными. Наряду с непрерывным ростом парка этих машин постоянно осуществляются качественные изменения их рабочего оборудования, направленные на увеличение производительности и снижение энергоёмкости процесса копания грунта, посредством создания и внедрения новых рациональных и технических решений.

Анализ технической информации о новых научных исследованиях, технических предложениях, конструкциях и патентных решениях в области создания и проектирования одноковшовых экскаваторов показывает, что в настоящее время нет рациональной конструкции рабочего органа экскаватора, удовлетворяющего мелиоративному строительству. Поэтому модернизация существующего и проектирование нового экскавационного рабочего оборудования является актуальной задачей.

Проанализировав существующие конструкции рабочих органов одноковшовых экскаваторов и учтя их основные недостатки, для дальнейшего совершенствования их рабочего оборудования нами предлагается применение конструкции [4], представленной на рисунке 1.

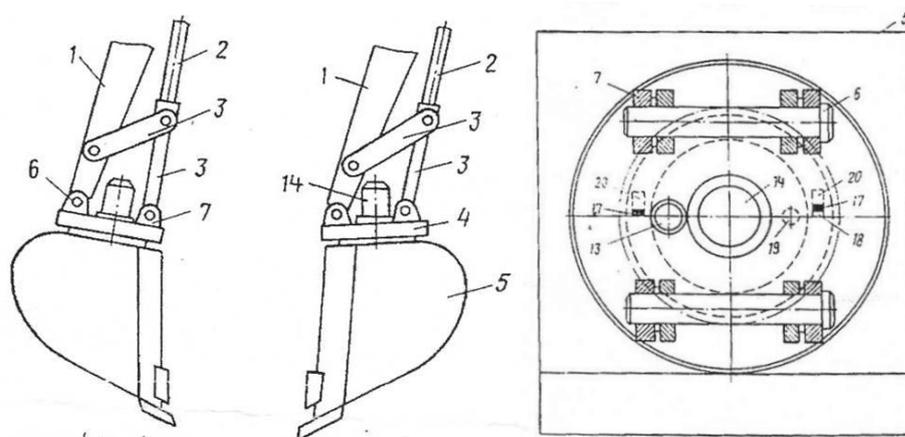


Рисунок 1 – Предлагаемая конструкция рабочего оборудования одноковшового экскаватора

Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора включает в себя рукоять 1, гидроцилиндр 2 управления ковшом, тяги 3, опорно-поворотный круг 4 и ковш 5. Рукоять соединена с ковшом посредством пальцев 6 и проушин 7, приваренных к неподвижной части опорно-поворотного круга 4 являющегося механизмом поворота ковша.

Опорно-поворотный круг 4 содержит неподвижную часть (рис. 2), состоящую из верхнего 8 и нижнего 9 фланцев, соединенных между собой болтами 10, подвижную часть 11, роликовый сепаратор 12, стопорный механизм 13 и гидродвигатель 14. Вал 15 гидродвигателя соединен с подвижной частью 11 посредством пазового соединения 16.

На верхнем фланце 8 неподвижной части опорно-поворотного круга 4 расположены предохранительные упоры 17, а на подвижной части 11 предохранительный упор 18 и два отверстия 19 для фиксации ковша.

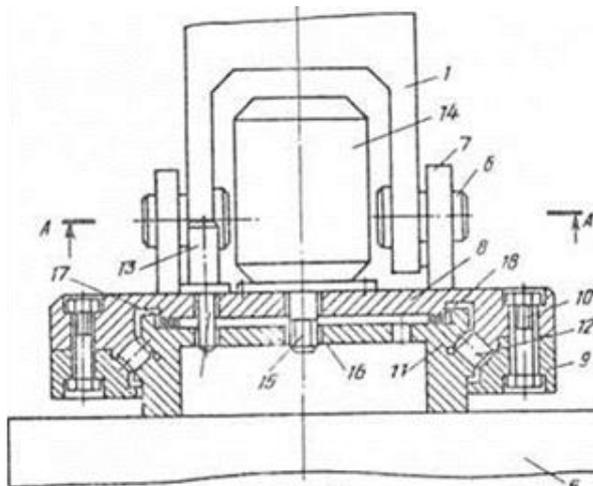


Рисунок 2 – Механизм поворота ковша (в разрезе)

При замене рабочего оборудования с обратной лопаты на прямую и наоборот оператор экскаватора воздействует на трехпозиционный золотниковый распределитель 24 (рис 3), при этом происходит подача рабочей жидкости в одну из гидромагистралей 25 и рабочую полость гидродвигателя 14. В начальный момент времени движения поворота роликового опорно-поворотного устройства 4 не происходит ввиду того, что шток 30 гидроцилиндра стопорного механизма 13 находится в одном из отверстий 19 для фиксации ковша. Рабочее давление, требуемое для поднятия стопорного механизма, меньше, чем для осуществления поворота ковша. Поэтому в начальный момент происходит открывание стопорного механизма, а затем поворот ковша.

При повороте ковша на 180 толкатели трехпозиционных распределителей 20 упираются в упоры 18, при этом происходит плавное перемещение, и в момент соединения золотниковым каналом гидромагистрали 21 с гидромагистралью 22 под действием силы сжатия пружины 31 стопорного механизма 13 рабочая жидкость вытесняется из штоковой полости происходит фиксация ковша 5 посредством штока 30, который заходит в отверстие 19 для фиксации ковша.

В этот момент трехпозиционные распределители находятся в своем нормальном (разомкнутом) состоянии. Гидросистема вновь готова к работе. При реверсе ковша происходит процесс, аналогичный описанному.

Использование предлагаемой конструкции позволит повысить производительность экскаватора за счет повышения надежности работы при переоборудовании рабочего оборудования с прямой лопаты на обратную и наоборот.

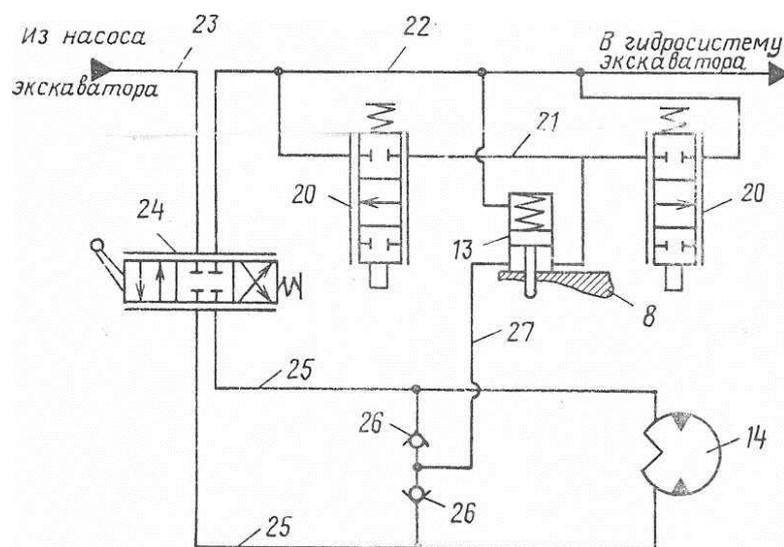


Рисунок 3 – Гидравлическая схема управления

### Литература

1. Максименко, А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин/ А.Н. Максименко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2015. – 400 с.
2. Вавилов, А.В. Проектирование строительных и дорожных машин/ А.В. Вавилов, А.А. Котлобай, А.Я. Котлобай. – Минск : БНТУ, 2013. – 392 с.
3. Шестопалов, К.К. Машины для земляных работ/ К.К. Шестопалов. – М. : МАДИ, 2011. – 145 с.
4. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора: а. с. 1286683 СССР, МКИ5 E 02 F 3/28/ В.И. Баловнев, А. Орынбасаров, А.Н. Абрамов и др. – № 3916838; заявл. 18.04.85; опубл. 30.01.87 // Открытия. Изобрет. – 1987. – № 4. – С. 25.
5. Vodolazskaya, N. Types and ways of modernization in a context of the international experience/ N. Vodolazskaya // Virtual Economics. – 2019. – Vol.2. 2(1). – P. 81-93.
6. Водолазская, Н.В. К вопросу увеличения срока службы оборудования перерабатывающих предприятий АПК/Н.В. Водолазская, А.Г. Минасян, Г.И. Наседкин // Сб.: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий : Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – С. 24-25.
7. Некрашевич, В.Ф. Бункерное устройство для дозированного поступления сыпучих материалов в средства механизации/ В.Ф. Некрашевич, В.Н. Туркин // Сб.: Инновации молодых ученых и специалистов - национальному проекту «Развитие АПК» : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2006. – С. 388-391.
8. Туркин, В.Н. Теоретическое обоснование длины загрузки бункерных устройств с разгрузочными горками/ В.Н. Туркин // Вестник РГАТУ. – 2009. – № 3. – С. 62-63.
9. Современная с.-х. техника и энергосберегающие технологии в хозяйствах Рязанской области/ Н.В. Бышов, А.М. Лопатин, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин // Сборник научных трудов, посвященный 55-летию инженерного факультета. – Рязань : РГСХА, 2005. – С. 43-47.
10. Черкашина, Л.В. Модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой трансформации/ Л.В. Черкашина, Л.А. Морозова, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 535-538

11. Романова, Л.В. Инновации в АПК в условиях цифровизации/ Л.В. Романова, О.Н. Фочкина // Сб.: Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе : Материалы Международной научной конференции. – 2020. – С. 241-244.

УДК 631.347.084.13

## НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ОПОРНЫХ СВОЙСТВ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

*А. И. Рязанцев<sup>1</sup>, Е. Ю. Евсеев<sup>2</sup>, А. О. Антипов<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИ «Радуга» Коломенский г.о.

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «РГАУ» им. П.А. Костычева г. Рязань

<sup>3</sup>ГОУ ВО МО «ГСГУ» Коломенский г.о.

**Аннотация.** Многократность проходов движителей тележек ДМ по одному следу по данным исследований вызывает значительное переуплотнение почвы в зоне колеи. Это приводит к ухудшению почвенной структуры, способствует испаряемости влаги, изменяет тепловой режим, усиливает сток воды и эрозию почвы. Наблюдается, что даже после перепашки поля под ДМ и уплотненных следов от нее, остается большое количество глыб и крупных частиц, а также образовавшиеся понижения на траектории движения самоходных тележек. Указанные проблемы определили пути развития многоопорных ДМ, посредством разработки мероприятий по регулированию, параметрами полива, прочности почвы и в зависимости от них технических и технологических решений по уменьшению колееобразования.

**Ключевые слова:** *дождевальная машина, интенсивность дождя, глубина колеи, несущая способность почвы.*

**Summary.** According to research data, multiple passes of DM trolley movers along a single track cause significant over-compaction of the soil in the track zone. This leads to deterioration of the soil structure, contributes to moisture evaporation, changes the thermal regime, increases water runoff and soil erosion. It is observed that even after plowing the field under the DM and compacted traces from it, a large number of blocks and large particles remain, as well as the formed depressions on the trajectory of self-propelled carts. These problems have determined the ways of development of multi-support DM, through the development of measures to regulate irrigation parameters, soil strength and, depending on them, technical and technological solutions to reduce rutting.

**Key words:** *irrigation system, intensity of rain, depth gauge, carrying capacity of the soil.*

Условие опорной проходимости многоопорных ДМ определяется соответствием давления их ходовой системы  $q$  несущей способности  $P_0$  т.е:

$$q \leq P_0 \quad (1)$$

В мировой практике для обеспечения достаточной проходимости дождевальных машин, т.е для соблюдения указанного соотношения (1) снижают давление на почву или повышают несущую способность последней.

Для снижения давления дождевальных машин на почву применяют различные типы движителей (колесные, гусеничные, шагающие).

Исходя из сложности конструкции и повышенной материалоемкости технических решений по опорно – сцепным свойствам ходовых систем ДМ, в мировой практике все больший интерес представляет повышение несущих свойств орошаемой поверхности в зоне движения их тележек.

Для повышения прочности поверхности передвижения известны способы бетонирования (асфальтирования), подсыпки щебнем и т.д. Однако эти способы не получили

широкого распространения из-за высокой стоимости работ и значительного снижения коэффициента земельного использования орошаемых полей.

Для предотвращения указанных выше отрицательных последствий увеличенного колееобразования дождевальных машин кругового действия в США рекомендуется производить кольцевую вспашку с одновременным образованием концентрических валиков по колее ДМ.

Однако этот процесс происходит только при вспашке, в конце поливного сезона и следует отметить увеличение потерь урожая по траекториям движения опорных тележек из – за повышенной высоты среза растений.

Для повышения проходимости и тягово – сцепных свойств ДМ, ее сдвигают от неподвижной опоры на 1.0–1.5 м. и в водопроводящий трубопровод устанавливают вставку. Длина вставки, в целях исключения движения тележек по старой колее вследствие направления машины, должна составлять не менее 1.6 ширины колеи. Процесс является достаточно трудоемким (составляет около 15–17 человеко-часов), а также приводит к значительному увеличению заминаемости растений и усилению эрозионных почвенных процессов.

На Украине, в совхозе «Орлянский» устроены земляные подушки. Для этого после уборки урожая озимой пшеницы на трассах при помощи скрепера насыпали грунт, который затем выравнивали, добиваясь плавного сопряжения подушки с местностью. В глубоких тальвегах (0.8–1.0 м.) возводились перемычки с трубчатыми водовыпусками для пропуска талых и ливневых вод. Проведение вышеуказанного комплекса работ требует дополнительных не всегда оправданных затрат.

Для улучшения структуры почвы, повышения ее прочности и водопроницаемости вносят различные структурообразователи (например, поликриамид К-4) [1].

Таблица 1 – Колееобразование и водопроницаемость почвы при поливе дождевальной машиной «Фрегат» (ДМУ – Ау253)

| Доза внесения поликриамида, кг/м <sup>2</sup> | Средняя глубина колеи после первого прохода, см | Средняя водопроницаемость почвы, мм/мин |
|---|---|---|
| 0   | 8   | 1.2                                     |
| 20  | 6   | 1.5                                     |
| 40  | 5   | 1.7                                     |
| 100   | 4   | 2.3                                     |
| 200   | 3   | 3.1                                     |

Как видно из таблицы 1, внесение 100 г/м<sup>2</sup> структурообразователя позволяет уменьшить глубину колеи на 50% и увеличить влагопроницаемость почвы на 90%, однако, из – за высокой стоимости химмелиорантов и недостаточно исследованных экологических последствий их применения метод не нашел широкого распространения.

Для практической ликвидации колеи от дождевальных машин типа «Кубань – ЛК1» и уплотняющего воздействия их ходовых систем на почву могут применяться различные типы заравнивающие – рыхлящих устройств [1].

Существуют следозаделыватели, предназначенные для устранения колеи, оставляемой колесами трактора. При небольшой глубине колеи (менее глубины заделки семян), ее просто рыхлят, восстанавливая при этом физико – механические свойства почвы. При глубокой колее также производится рыхление и загартывание почвой, забираемой вне колеи.

Перспективным направлением в повышении несущей способности почвы является снижение влажности почвы и исключение поверхностных стоков воды.

Всероссийским НИИ орошаемого земледелия разработаны способы повышения проходимости многоопорных дождевальных машин путем отвода избыточной влаги за пределы колеи.

В первом случае (рисунок 1), щелевателем, навешанным на трактор, методом седлания колеи нарезают щели. Для увеличения водопроницаемости почвы и отвода избыточной влаги на стойках щелевателя закрепляются дренары, которыми формируются кротодрены. После нарезки щелей, по направлению колеи дождевальной машины проводятся запашка канав плугом. Избыточная влага через щели и кротодрены отводится в нижележащие почвенные горизонты, что исключает образование поверхностного стока. Метод является достаточно энергоемким, так как требует трех дополнительных проходов пахотного агрегата, а также не исключает явлений переуплотнения почвы в зоне движителей.

Во втором случае эффект рекомендуется повышать путем заполнения водопоглощающих щелей малоценными наполнителями (рисунок 2). В качестве наполнителя могут использоваться измельченная солома, опилки, отходы. Данному методу характерны все недостатки предыдущего. Кроме того, требуются дополнительные меры на подготовку, доставку и внесение наполнителя.

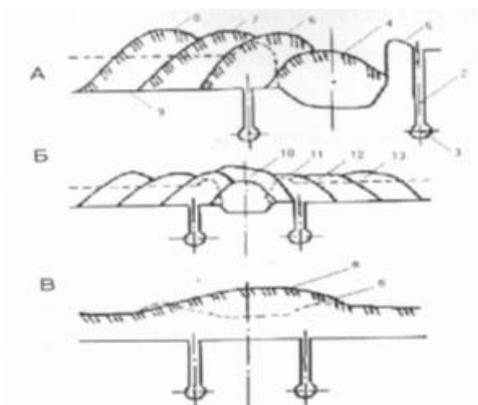


Рисунок 1 – Технология формирования почвы под колесами опорных тележек: А – нарезка щелей и дрен; Б – запашка колеи; В – уплотнение свального гребня

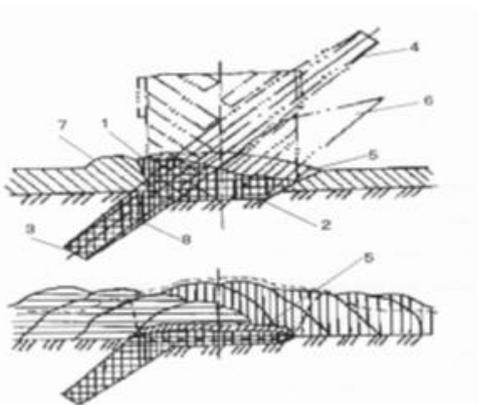


Рисунок 2 – Формирование почвы под колесами опорных тележек с применением наполнителя в водоотводящих щелях

Известны технические решения по повышению несущих свойств почвы посредством отвода оросительной воды от зоны качения ходовых систем дождевальных машин.

Так, И. С. Кокуриным, для устранения влияния дождя на процесс движения ДМ «Фрегат», предлагался вынос дождевателей на открылках за пределы зоны качения движителей. Указанное решение, связанное со значительным увеличением материалоемкости машины, не дает существенной эффективности по распределению дождя под машиной, особенно при сносе ветром [2].

Для отвода от колеи сливаемой воды из гидропривода ДМ «Фрегат», разработаны оригинальной конструкции сливные устройства (рисунок 4).

Для уменьшения интенсивности воздействия дождя на процесс колееобразования ходовыми системами дождевальными машинами, в зоне их движения на водопроводящем трубопроводе устанавливают дождеобразующие устройства с уменьшенным расходом или устанавливают щитовое ограждение приводных узлов тележек (рисунок 3) [2].

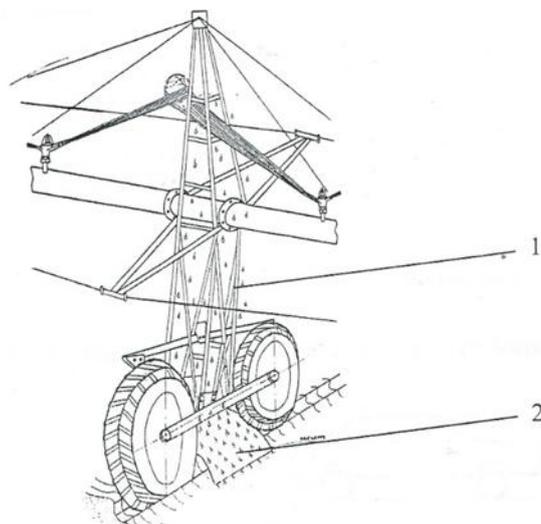


Рисунок 3 – Оснащение ходовых систем ДМ ограждениями:  
1 – тележка; 2 – щит.



Рисунок 4 – Слив модернизированной системой ДМ «Фрегат»

Вышеприведённые решения не исключают образования повышенных стоков, особенно под последним пролетом ДМ, и на склоновых площадях.

Снижение интенсивности дождя в концевой части ДМ, и как следствие, величины стока, обуславливающего повышение несущих свойств почвы, возможно, по данным исследований на ДМ «Фрегат», регулированием расхода поршневыми устройствами (рисунок .5)

Проблема регулирования расхода на склонах имеется и у электрифицированной ДМ «Кубань – ЛК1», решение которой также возможно применением регулирующих устройств, только более совершенных, например мембранного типа (рисунок 6), имеющих менее сложную компоновку и большую точность регулирования.

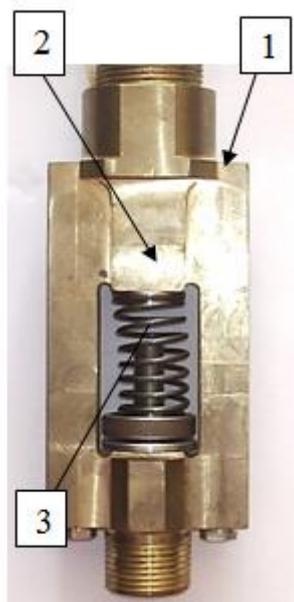


Рисунок 5 – Регулятор расхода воды поршневого типа: 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – пружина

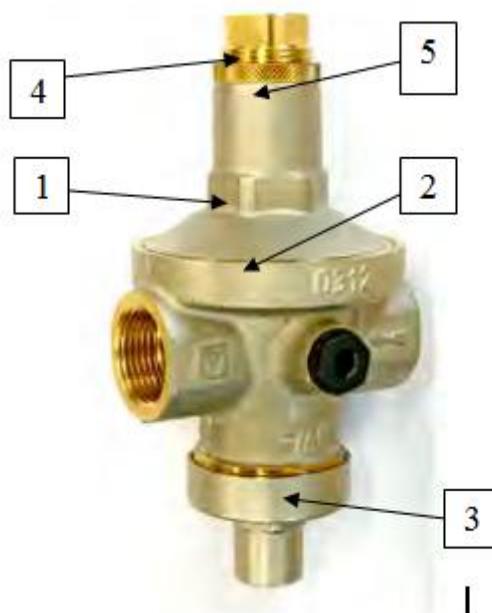


Рисунок 6 –Регулятор расхода воды мембранного типа: 1 – корпус, 2 – крышка, 3 – пробка, 4 – втулка, гайка

Одним из критериев выбора той или иной модификации регулирующего устройства может быть, его материалоемкость (не более 0.50 кг/л/с), с проведением, при необходимости, оптимизации его конструктивно – компоновочных параметров.

### Литература

1. Рязанцев, А.И. Повышение эксплуатационных показателей транспортных систем многоопорных машин/ А.И. Рязанцев, А.О. Антипов, Смирнова Е.А. – Коломна : ГОУ ВО МО ГСГУ, 2018. – 246 с.
2. Рязанцев, А.И. Эксплуатация транспортных систем многоопорных машин: монография/ А.И. Рязанцев, А.О. Антипов. – Коломна, 2016.
3. Technological features of irrigation and assessment indicators of multibasic irrigation machines running systems efficiency (on the example of im Kuban – LK1)/ A.I. Ryazantsev,

A.O. Antipov, A.I. Smirnov et al. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Т.8. – № 8 S3. – Pp. 404-406.

4. Пат. РФ № 2018116248. Многоопорная дождевальная машина кругового действия / А.И. Рязанцев, Г.К. Рембалович, А.О. Антипов и др. – Оpubл. 12.09.2018; Бюл. № 26.

5. Пат. РФ № 2018119642. Многоопорная дождевальная машина кругового действия / Рязанцев А.И., Антипов А.О., Рембалович Г.К. и др. – Оpubл. 25.12.18; Бюл. № 36.

УДК 620. 952: 633. 85.

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОДУКЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**В.Н. Сельмен<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Мещерский филиал, г. Рязань

**Аннотация.** Организация производства биотоплива на сельскохозяйственных землях для страны в целом не имеет перспективы из за незначительного объёма. Однако для сельскохозяйственных предприятий своё биотопливо будет экономически оправдано. Требуются высокоурожайные, энергонасыщенные масличные культуры, например масличный лен. Производство собственного биотоплива поможет выжить народу в критических ситуациях.

**Ключевые слова:** энергетический баланс, биотопливо, энергоснабжение сельского хозяйства, масличные культуры, масличный лен, национальная безопасность.

**Summary.** The organization of biofuel production on agricultural land for the country as a whole has no prospects due to its insignificant volume. However, for agricultural enterprises, their biofuels will be economically justified. High-yielding, energy-rich oilseeds, such as flax, are required. Producing our own biofuel will help people survive in critical situations.

**Key words:** Energy balance, biofuels, agricultural energy supply, oilseeds, oilseed flax, national security.

Основой жизни для человечества в целом и для каждой страны в отдельности является производство энергии во всех её видах для промышленности, транспорта, бытового потребления и производство продуктов питания для людей и животных, начинающееся с выращивания в поле растениеводческой продукции. Наметившийся кризис углеводородной энергетики усиливает внимание к новым направлениям производства энергоносителей, в частности активно пропагандируется «зелёная энергетика». В её основе лежит выращивание на сельскохозяйственных угодьях энергонасыщенных культур с переработкой их на биотопливо и в другие виды энергоносителей. Нужно правильно оценить потребности нашей страны в «зелёной энергетике» и сделать верные прогнозы о перспективах её использования.

Сравнение и сопоставление продукции энергетики и сельского хозяйства обычно не проводятся. Как, например, сравнить ценность и важность для государственных и иных потребностей тонны нефти и тонны пшеницы; литра молока и кубометра газа; киловатт-часа электроэнергии и вилка капусты. Можно сопоставить стоимость их и сделать выводы о нужности для потребностей государства того или иного вида продукции энергетики или сельского хозяйства, о силах и средствах, которые следует вкладывать в его развитие. Однако, цены эти подвержены постоянным колебаниям, зависящим от экономических, политических факторов, уровня технического развития. Для сопоставления всех этих величин требуется привести их к единой физической единице. Такой единицей может быть

избран джоуль, краткое обозначение Дж, который используется для измерения произведенной работы, кинетической и потенциальной энергии, теплоты [1]. Джоуль имеет следующие кратные единицы: кДж (килоджоуль) – тысяча Дж; МДж (мегаджоуль) – миллион Дж; ГДж (гигаджоуль) – миллиард Дж; ТДж (тераджоуль) – триллион Дж.

В энергетике в тоннах измеряется добыча нефти и угля, в кубометрах добыча газа, в киловатт-часах производство электроэнергии. В наших расчётах учитывалась электроэнергия гидравлических ГЭС и атомных станций АЭС. Произведённое на тепловых станциях ТЭЦ электричество мы не учитывали, оно получено от сжигания угля, нефти, газа и является в энергетике вторичным производным. Продукция растениеводства – зерно, картофель, овощи, ягоды и фрукты традиционно исчисляются в тоннах и калориях; кормовые культуры в тоннах, в кормовых единицах (к.е.) и калориях, соотношение зерно : солома равняется 1 : 1. Продукция животноводства – мясо, молоко получено от использования в качестве кормов первичной продукции растениеводства и в расчёт не принимается.

Продукция энергетики и сельского хозяйства переводилась в джоули с учётом следующих соотношений: киловатт-час – 1 кВт ч = 3,6 миллиона Дж; калория международная – 1 кал = 4,1868 Дж [1], 1997). Учитывалась теплота сгорания угля, нефти, газа [2], калорийность всех видов продукции растениеводства [3].

Из краткого статистического сборника Росстата «Россия в цифрах. 2020» [4] использованы данные о добыче в стране угля, нефти, газа и производстве электроэнергии, а также о валовых сборах всех видов растениеводческой продукции в 2019 году. Кормовые культуры и сено представлены в таблице по данным 2011 года, после этого года учитывались только их площади, а валовые сборы и урожайность перестали отражаться в статистической отчётности. На основании сведений о производстве продукции в традиционных единицах измерения рассчитан объём производства в стране в 2019 году первичных энергоносителей и продукции растениеводства в сопоставимых энергетических единицах – тераджоулях, 1 ТДж =  $10^{12}$  Дж, триллион джоулей, данные в таблице 1.

Таблица 1. Сопоставление энергетики и продукции растениеводства Российской Федерации в 2019 году.

| Продукция                 | Объём производства      | Объём продукции в энергетических единицах, ТДж | В % к производству энергетики |
|---------------------------|-------------------------|--|-------------------------------|
| Энергетика                | -                       | 64 081 168                                     | 100                           |
| в т.ч. уголь              | 439 млн т               | 12 867 090                                     | 20,08                         |
| нефть                     | 561 млн т               | 23 487 387                                     | 36,65                         |
| природный газ             | 738 млрд м <sup>3</sup> | 26 262 571                                     | 40,98                         |
| электроэнергия ГЭС и АЭС  | 405 млрд кВт·ч          | 1 458 000                                      | 2,28                          |
| нетиповые электростанции  | 1,7 млрд кВт·ч          | 6 120  | 0,01                          |
| Продукция растениеводства | -                       | 5 200 605                                      | 8,12                          |
| в т. ч. зерновые          | 121,2 млн т             | 22 835 29                                      | 3,56                          |
| солома зерновых культур   | 121,2 млн т             | 1 684 680                                      | 2,63                          |
| сахарная свёкла           | 54,4 млн т              | 261 120  | 0,41                          |
| масличные культуры        | 22,8 млн т              | 540 178  | 0,84                          |
| картофель                 | 22,1 млн т              | 766 87   | 0,12                          |
| овощи                     | 14,1 млн т              | 18 147   | 0,03                          |
| плоды, ягоды, виноград    | 4,2 млн т               | 8 404  | 0,01                          |
| кукуруза на силос         | 23,0 млн т              | 93 127   | 0,15                          |
| кормовые корнеплоды       | 1,3 млн т               | 5 720  | 0,01                          |
| сено многолетних трав     | 9,9 млн т               | 95 416   | 0,15                          |

*Продолжение таблицы 1*

|                             |            |         |      |
|-----------------------------|------------|---------|------|
| сено однолетних трав        | 1,6 млн т  | 15 050  | 0,18 |
| сено естественных сенокосов | 12,3 млн т | 118 547 | 0,20 |

Из данных таблицы 1 следует, что в нашей стране за год добывается углеводородов и производится первичной электроэнергии в общем количестве 64081168 ТДж, а товарной и побочной продукции растениеводства 5200605 ТДж или в 12,3 раза меньше. Продукция растениеводства составляет всего 8,12% от общего объема производства энергоносителей в нашей стране. Из этих данных становится понятно, что «зелёная энергетика» для обеспечения общих энергетических потребностей нашей страны бесперспективна. Даже если мы пустим под производство энергоносителей все сельскохозяйственные угодья и лишимся возможности производить продукты питания для своего населения, прибавка в 8% для всей энергетике страны будет весьма незначительной и не оправдывает потери продовольствия.

Выход в переходе на возобновляемые источники энергии. В настоящее время доля электроэнергии нетиповых электростанций (ветровые, приливные, геотермальные электростанции, солнечные батареи и т. д.) в нашей стране ничтожна – 0,01% [4]. В других странах эти направления активно развиваются. Главное направление – овладение термоядерной энергией, которая дойдёт до массового потребителя к середине 21 века.

Следует рассмотреть и использование произведённой в нашей стране энергии. Экспорт нефти и продуктов её переработки составляет 73% от добычи её в стране; экспортируется 47% от добычи угля; 30% от добычи природного газа; 2% электроэнергии [4]. В стране в 2019 году произведено энергии в общем количестве 64081168 ТДж, а экспортировано 31075147 ТДж или 48%. В сельскохозяйственном производстве используется около 1% добытой в стране энергии. Эти данные свидетельствуют, что в руках государства есть все возможности решить экономические и энергетические проблемы сельскохозяйственного производства, затраты для страны в целом будут весьма незначительными.

Однако сельскохозяйственные предприятия нашей страны ущемлены диспаритетом цен на энергоносители и сельскохозяйственную продукцию. Единица энергии в приобретаемых хозяйствами энергоносителях оценивается в 2 раза выше, чем стоимость единицы энергии в производимой на селе сельхозпродукции. Поэтому может иметь экономический смысл производство на месте биотоплива из собственных материалов [5].

Соображения национальной безопасности тоже требуют задуматься о необходимости собственного энергообеспечения сельхозпредприятий. Ранее в истории сельское хозяйство основывалось на живой тягловой силе и ручном труде составлявшего большинство населения крестьянства. В случае природных катаклизмов или военного конфликта сельскохозяйственное производство сравнительно легко восстанавливалось. В настоящее время, производство механизировано и основано на централизованном поступлении в село энергоносителей, а крестьянство малочисленно. Если централизованное снабжение энергоносителями прекратится из-за военного конфликта, глобальной природной или техногенной катастрофы, мирового экономического или энергетического кризиса, разрушения или поражения компьютерных сетей, сельское хозяйство обеспечить продовольствием население не сможет. Сельскохозяйственное предприятие должно иметь возможность воспроизводить требующиеся ему энергоносители своими силами.

Для энергообеспечения сельского хозяйства в первую очередь надо найти замену дизельному топливу, на втором месте вопросы изыскания средств теплообеспечения, взамен природного газа. Следует сразу поставить обязательное условие, что решение проблем собственного энергообеспечения не должно привести к потерям в производстве продовольствия для населения и кормов для животноводства

Представляют интерес для решения энергетических проблем сельского хозяйства энергонасыщенные маслические культуры. Теплота сгорания 1 кг дизельного топлива – 42 704

кДж, а теплота сгорания растительного масла незначительно уступает – 37681 кДж [4]. Имеется положительный опыт использования растительного масла для производства экологически чистого топлива и последующего применения его в том числе и вместо солярки в дизельных двигателях [6]. Отмечается небольшое падение в мощности двигателей и необходимость дополнительных регулировок.

Внимание к масличным культурам в нашей стране растёт. Так, за период 2010–2019 гг. площади увеличились с 9 625 тыс. га до 14 615 тыс. га; урожайность с 7,8 ц/га до 15,6 ц/га; валовые сборы с 7,5 млн. тонн до 22,8 млн. тонн [4]. Большую работу в этом направлении ведут и сотрудники Рязанского государственного агротехнологического университета, в частности ими пропагандируется и внедряется в хозяйствах новая и очень перспективная культура масличный лён [7, 8, 9].

## Литература

1. Чертов, А.Г. Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы)/ А.Г. Чертов // Справочник. – М. : Аквариум, 1997. – 335 с.
2. Итинская, Н.И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям/ Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. – М. : Колос, 1982. – 208 с.
3. Растениеводство/ Г.С. Пospelов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др. – М. : Колос, 2006. – 612 с.
4. Россия в цифрах. 2020: Краткий стат. сб. – М., 2020 – 550 с.
5. Биотопливо и сельское хозяйство/ П.И. Пыленок, В.Н. Сельмен, В.Н. Родькина, Г.И. Ершова // Сб.: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования : Материалы III Международной научно-практической. – с. Солёное займище, 2018. – С. 601-608.
6. Виноградов, Д.В. Возможность использования масличных культур в качестве сырья для производства экологически чистого топлива/ Д.В. Виноградов, Н.В. Бышов, Е.И. Лупова // Сб.: Молодёжь в поисках дружбы : Материалы Республиканской научно-практической конференции. – Институт энергетики Таджикистана, 2017. – С. 28-33.
7. Виноградов, Д.В. Экспериментальное обоснование технологии выращивания льна масличного сорта Санлин/ Д.В. Виноградов, А.В. Поляков, А.А. Кунцевич // Вестник РГАТУ. – 2013. – № 2 (18). – С. 7-12.
8. Урожайность и качество семян льна масличного сорта Санлин/ Е.И. Лупова, А.В. Новикова, А.В. Поляков, Д.В. Виноградов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 6. – С. 71-75.
9. Васильченко, Л.А. Особенности выращивания льна масличного при разных сроках посева и норм высева/ Л.А. Васильченко, М.В. Евсенина, А.В. Новикова // Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции (Рязань, 10 сентября 2020 года). – Рязань, 2020. – С. 119-123.
10. Энергосберегающая технология сгущения кукурузного экстракта/ В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, А.Е. Гришков, А.Н. Топильский // Сб.: Аграрная наука - сельскому хозяйству : в 3 книгах. – Барнаул, 2015. – С. 56-58.
11. Общие принципы уменьшения энергетических затрат/ А.И. Крестин, И.А. Успенский, В.М. Переведенцев, С.Е. Крыгин // Сборник научных трудов аспирантов, соискателей и сотрудников Рязанской государственной сельскохозяйственной академии имени профессора П.А. Костычева. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 164-165.
12. Практикум по растениеводству/ Д.В. Виноградов, Н.В. Вавилова, Н.А. Дуктова, Е.И. Лупова. – Рязань : РГАТУ, 2018. – 320 с.
13. Отраслевая экология/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов и др. – Могилев-Рязань, 2016. – 154 с.

## ОБРАБОТКА МОЛОКА ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

*М.С. Скобля<sup>1</sup>, В.М. Пащенко<sup>1</sup>, А.П. Пустовалов<sup>1</sup>, М.Ю. Афанасьев<sup>1</sup>, И.И. Садовая<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.*

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема увеличения срока хранения молока с помощью его обработки инфракрасным излучением низкой интенсивности. Для этого предлагается использование лазерного диода. Приведена функциональная схема устройства воздействия на молоко ИК-лучами. Метод позволяет уменьшить затраты энергии на охлаждение молока.

**Ключевые слова:** *интенсивность облучения, лазерный диод, поток энергии генератор, волна.*

**Summary.** The article discusses the problem of increasing the shelf life of milk by processing it with low-intensity infrared radiation. For this, the use of a laser diode is proposed. A functional diagram of a device for influencing milk with IR rays is presented. The method allows to reduce energy consumption for milk cooling.

**Key words:** *irradiation intensity, laser diode, energy flow generator, wave.*

Как можно более продолжительная сохранность сырого молока до его доставки на молокозавод повышает сортность молока, что существенно влияет на экономические показатели работы сельскохозяйственного предприятия. Это обстоятельство свидетельствует об актуальности затронутой проблемы. Одним из эффективных электрофизических методов борьбы с вредными микроорганизмами является воздействие на молоко инфракрасным излучением низкой интенсивности [1, с. 25].

При облучении молока ИК-энергией только часть ее совершает благотворное действие по уничтожению вредоносных бактерий, а другая часть по закону сохранения энергии считается энергией потерь. Эффективный поток энергии определяется выражением [2, с. 417]:

$$F_3 = k \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) K(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны излучения в интервале волн от  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$ ;

$K(\lambda)$  – относительная спектральная чувствительность в долях от максимальной.

В молоке постоянно происходит процесс зарождения и последующего размножения микроорганизмов, с которыми необходимо вести борьбу с помощью естественных методов в виде иммунных свойств организма животного либо с помощью методов, применяемых человеком по мере развития науки и техники. Самый простой и необходимый метод – это метод охлаждения, являющийся обязательным [3, с. 277].

Его эффективность можно проиллюстрировать графиком на рисунке 1, но он является энергозатратным. Общее микробное число (ОМЧ) является одним из главных показателей качества молока [4, с. 83].

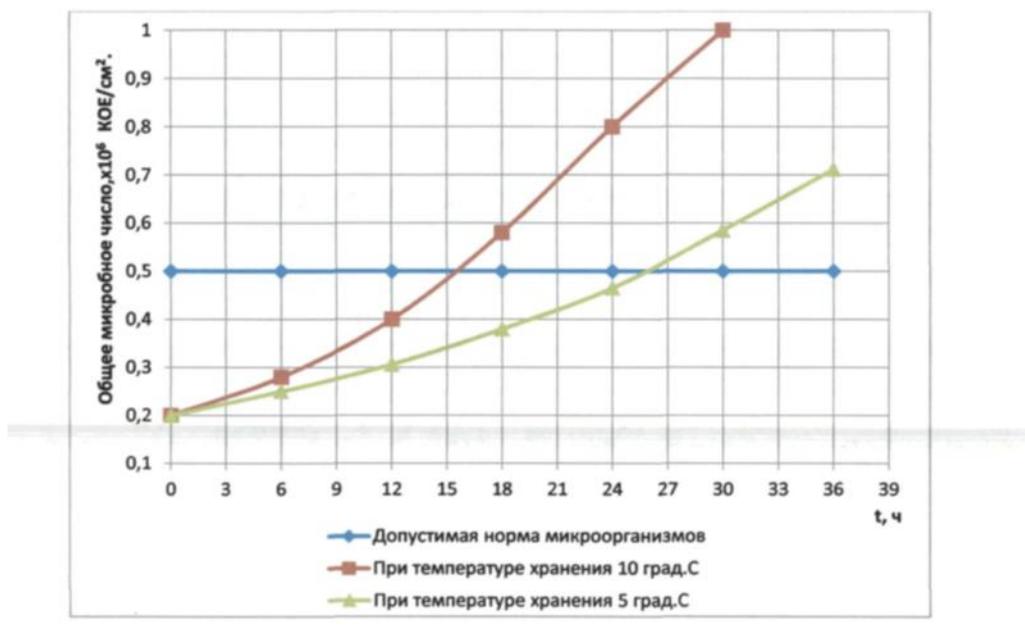


Рисунок 1 – Зависимость ОМЧ от температуры и времени хранения

Продолжительность бактерицидной фазы (время когда бактерии почти не размножаются) колеблется от двух часов при температуре молока 37°C до 48 часов при температуре 0°C. Поскольку молокозаводы принимают к переработки молоко только в состоянии этой фазы, то всемерное продление этой фазы является основной задачей по повышению качества молока. Критерием качества молока служит показатель его кислотности. От этого и зависит сортность молока.

Число размножающихся бактерий описывается дифференциальным уравнением, решение, которого подчиняется экспоненциальному закону:

$$N(t) = N_0 e^{kt}, \quad (2)$$

где  $N_0$  – первоначальное количество бактерий,

$k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от различных условий и факторов.

Технология обработки молока инфракрасным излучением низкой интенсивности (до 100 мВт/ см<sup>2</sup>) схематично представлена на рисунке 2.

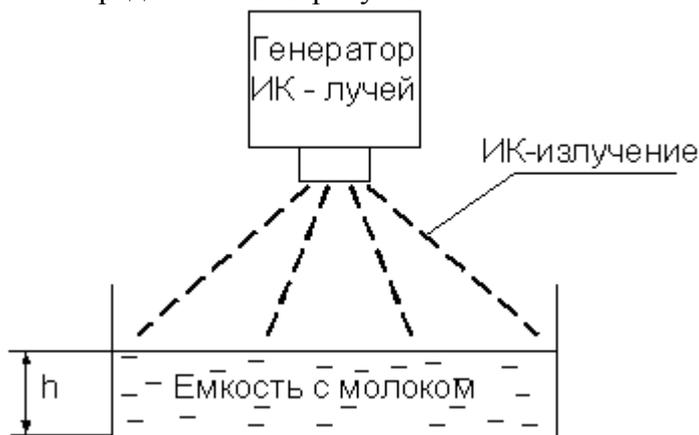


Рисунок 2 – Схема воздействия на молоко ИК-лучами: h – уровень молока

Установлено, что воздействие на молоко ИК-лучами приводит к увеличению бактерицидной фазы молока. Совместное применение обязательной процедуры по охлаждению молока с обработкой ИК-лучами приводит к снижению общего потребления энергии за счет уменьшения времени охлаждения, т.к. часть вредных бактерий погибнет под ИК-лучами [5, с. 281]. Охлаждение молока осуществляется с помощью соприкосновения

молока со стенками резервуара и с его дном, в котором установлен испаритель с хладагентом. Резервуар снабжается теплоизоляцией. Чтобы воспользоваться этой технологией с ее преимуществами, необходим оптимальный выбор параметров и режима работы генератора ИК-лучей. В число параметров можно включить мощность ИК-излучателя, время облучения, длину волны и как результат работы длительность хранения молока после его обработки [6, с. 53]. В качестве излучателя можно использовать лазерный диод ЛПИ-101. Электрическая схема установки может быть собрана по функциональной схеме, изображенной на рисунке 3.

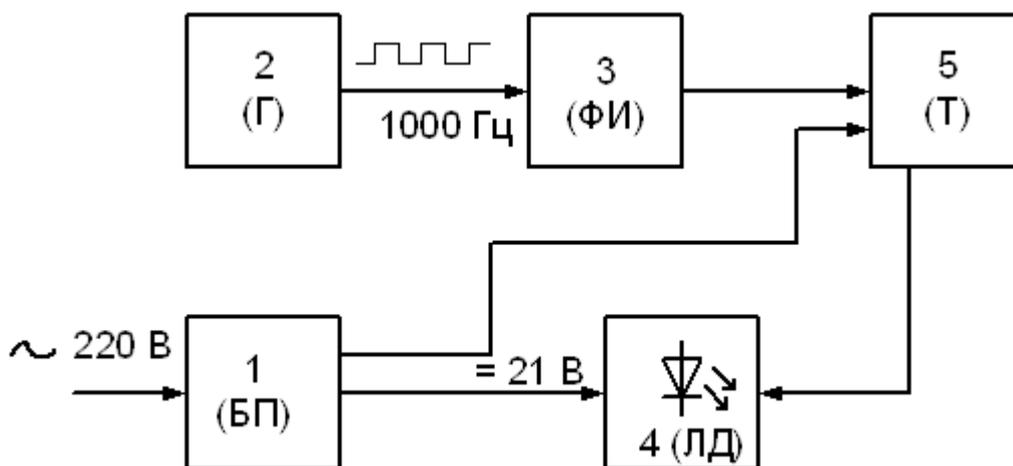


Рисунок 3-Функциональная схема ИК-излучателя для облучения молока:

1 – блок питания; 2 – генератор прямоугольных тактовых импульсов,  
3 – формирователь импульсов запуска лазерного диода; 4 – лазерный диод; 5 – таймер

Сетевое напряжение 220 В трансформируется в сторону уменьшения и выпрямляется диодным мостом [7, с. 230]. Постоянное напряжение 21 В используется для питания остальных блоков и самого лазерного диода, в том числе таймера, который пропускает импульсы с формирователя импульсов 3 к лазерному диоду заданное время.

Обработка молока ИК- лучами низкой интенсивности с длиной волны  $\lambda = 890$  нм приводит к его незначительному нагреву [8, с.147], но при этом уменьшается интенсивность роста кислотности. В результате этого увеличивается срок хранения молока. Потребление электроэнергии при охлаждении молока уменьшается за счет того, что молоко можно охлаждать до более высокой температуры, чем молоко не подвергнутое воздействию облучения [9, с. 194, 10, с. 90]. При использовании технологии облучения ИК-лучами достаточно охлаждать молоко до  $10^{\circ}\text{C}$ . В этом случае бактерицидная фаза длится в течении 24 часов.

## Литература

1. Кунижев, С.М. Новые технологии в производстве молочных продуктов/ С.М. Кунижев, В.А. Шуваев. – М. : ДеЛипринт, 2004. – 208 с.
2. Применение объемных резонаторов в СВЧ установках при обеззараживании молока на фермах/ Д.М. Евдокимов, С.О. Фатьянов, А.С. Морозов и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 416-421.
3. Мисюрева, С.А. Снижение энергопотребления при нагреве воды в коровнике/ С.А. Мисюрева, А.С. Морозов, С.О. Фатьянов // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 276-279.

4. К вопросу о лечении коров средствами широкополосной электромагнитной терапии/ В.А. Балабошин, С.О. Белименко, И.А. Суслов, А.А. Слободскова // Сб.: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 82-85.
5. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин В.В. Павлов // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – Пенза : ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 2015. – С. 280-282.
6. Фатьянов, С.О. Априорное гарантирующее оценивание параметров при проектировании алгоритмов управления механическими объектами/ С.О. Фатьянов, К.В. Миронова // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 3 (23). – С. 52-56.
7. Маслов, И.О. Режимы работы батарей статических конденсаторов в сетях 110 КВ/ И.О. Маслов, С.О. Фатьянов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2015. – № 1. – С. 227-232.
8. Математическое обеспечение задач интерпретации результатов косвенных измерений в спектроскопии/ М.Е. Ильин, А.И. Новиков, С.О. Фатьянов, Е.П. Чураков // Электронное моделирование. – 1991. – № 2. – С. 144-152.
9. Морозов, А.С. Повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве/ А.С. Морозов, И.И. Садовая, С.О. Фатьянов // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 193-196.
10. Применение фильтровых защит асинхронных электродвигателей сельскохозяйственного назначения/ С.А. Кобаев, А.С. Морозов, И.И. Садовая, С.О. Фатьянов // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2017. – С. 89-93.
11. Гребеник, А.В. Применение инфракрасного излучения для сушки зерна/ А.В. Гребеник, С.В. Вендин // Сб.: Наука молодых - инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ. 2019. – С. 63.
12. Гребеник, А.В. Инфракрасная сушка зерна/ А.В. Гребеник, С.В. Вендин // Сб.: Материалы Международной студенческой научной конференции. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – С. 168.
13. Использование теплового излучения для обезвоживания и термообработки продуктов растениеводства/ Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, И.Ю. Тюрин и др. // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – рязань : РГАТУ, 2019. – С. 448-452.
14. Муссоев, Х.Н. Контроль качества питьевого молока на потребительском рынке города Рязани/ Х.Н. Муссоев, С.Н. Афиногенова // Сб.: Первая ступень в науке : Материалы V Международной научно-практической студенческой конференции. Часть I. – Вологда-Молочное : Издательство Вологодская ГМХА, 2017. – С. 288-281.

## ПОВЫШЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ «АГРЕГАТ-МАСЛО» МОБИЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

*А.В. Старунский<sup>1</sup>, Г.К. Рембалович<sup>1</sup>, М.Ю. Костенко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** Представлены предложения по комплексному подходу к совершенствованию контроля эксплуатационной надежности. на основе полученных результатов изменения основных эксплуатационных показателей и относительной диэлектрической проницаемости масел при их применении в закрытых смазочной и гидравлических системах агрегатов мобильной энергетической и транспортной техники.

**Ключевые слова:** эксплуатация, моторное масло, диэлектрическая проницаемость, показатели надежности, гидросистема, мобильная техника.

**Summary.** Proposals for a comprehensive approach to improving operational reliability control are presented. based on the results obtained, changes in the main performance indicators and relative dielectric permittivity of oils when they are used in closed lubrication and hydraulic systems of mobile power and transport equipment units.

**Key words:** exploitation, engine oil, dielectric permittivity, reliability indicators, hydraulic system, mobile machinery.

Важное место в решении проблем эффективной эксплуатации на современном этапе развития мобильной энергетической и транспортной техники занимают вопросы оптимального контроля и управления надёжностью составляющих её агрегатов, основанные на методах диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса и срока замены используемого масла [1, 2]. Полная реализация ресурса узлов и деталей, входящих в систему «агрегат – масло», возможна при использовании современных и качественных смазочных материалов, всецело соответствующих по эксплуатационным свойствам их конструкционным особенностям и характерным условиям работы.

Инновационное развитие современных технологий повышения контроля эксплуатационной надежности и ресурса сложных узлов, агрегатов машин и оборудования в настоящий период является одной из наиболее актуальных задач, стимулирует разработку новых методов и подходов к проблеме [3], [4].

Одним из приоритетных направлений решения указанной проблемы является разработка и внедрение высокопроизводительных оперативных методов контроля, экспресс-диагностирования технического состояния агрегатов мобильной энергетической и транспортной техники, по электрофизическим параметрам работающего масла, с учетом научно обоснованных анализа и закономерностей условий эксплуатации в системе «агрегат – масло» [5, 6, 7].

Значительная часть таких закрытых систем агрегатов не оборудована элементами очистки и контроля состояния масла в режиме реального времени. Поэтому присутствующие в масле продукты износа трущихся сопряжений, частицы загрязнений, воды и примесей увеличивают скорость изнашивания, сокращая общий ресурс агрегата и эксплуатационную надежность мобильной энергетической и транспортной техники в целом. При этом даже наличие штатно установленных фильтров в системе не гарантирует от возникновения внезапных отказов из-за возможных аварийных ситуаций в процессе изменения условий и режима эксплуатации. В тоже время масло в системе может рассматриваться в качестве комплексного источника информации о её реальном состоянии и является одним из основных определяющим фактором в принятии решения о продолжении или досрочном прекращении эксплуатации.

Для лучшей эффективности использования рассматриваемого фактора необходимо обладать

сопутствующей базовой информацией об эксплуатационной надежности отдельных агрегатов системы и ее возможных отказах [8]. Единичные показатели надежности (безотказность, долговечность и сохраняемость) во многом определяются процессами, происходящими в смазочной среде: степень загрязненности абразивом, компонентами топлива и охлаждающей жидкости, нарушение работоспособности элементов системы фильтрации масла, перепады давления и температуры, образование утечки масла в следствии нарушения герметичности уплотнений и сальников [9, 10].

Подход к решению задач осуществления контроля при диагностировании смазочных систем осложняется большим разнообразием средств диагностирования, имеющих следующие основные классификационные признаки [11]:

- 1) по назначению;
- 2) конструктивное исполнение;
- 3) рабочие характеристики и служебные параметры;
- 4) алгоритм диагностирования.

Получение достоверной информации о техническом состоянии исследуемого объекта диагностирования, зависит от технических возможностей применяемых средств диагностики: с расширением комплектности диагностического оборудования повышается точность и достоверность результата, также возрастает трудоемкость, усложняется алгоритм и процесс диагностирования.

Выявление в отклонении от рабочих параметров в процессе эксплуатации и обнаружение неисправностей в системе «агрегат – масло» при диагностировании зависит от условий формирования информации, определяемых двумя вариантами:

- 1) информация о неисправности получена по одному диагностическому параметру работающего масла;
- 2) информация о неисправности распределена между несколькими диагностическими параметрами в зависимости от важности их ранжирования.

Во втором случае информация может быть получена с учетом стохастичности применяемых параметров и средств диагностирования.

Диагностирование системы «агрегат - масло», техническое состояние которой характеризуется одним параметром, осуществляется путем сравнения соответствующего показателя работающего масла с контрольным значением диагностируемой величины. Заключение о техническом состоянии дается на основании вероятности появления одного из двух возможных вариантов события по двухуровневой шкале – «исправно» или «неисправно».

Диагностирование системы, информация о состоянии которой получена по нескольким параметрам, осуществляется с помощью различных алгоритмов обработки. Широкое применение находит вероятностный алгоритм, в основу которого положена доля участия и значимость каждого из диагностических показателей в оценке состояния объекта [12]. Вероятность действительного состояния объекта  $P(C_o)$  определяется по известным математическим формулам теории вероятностей.

В качестве диагностических моделей применяются дифференциальные и алгебраические уравнения, логические соотношения, матрицы, функциональные, структурные, регрессионные и другие модели, позволяющие связать параметры технического состояния с работоспособным состоянием объекта. К основным типам обозначенных моделей можно отнести: структурно-следственные; динамические; регрессионные с использованием математического аппарата планирования эксперимента.

Критерии работоспособности свойств контролируемого масла оцениваются по диагностическим параметрам, предельная величина которых соответствует качественным показателям, при которых возможно снижение надежности системы «агрегат – масло». Рекомендуются производить замену масла в случае, когда какой-либо один из качественных показателей (вязкостно-температурная характеристика, термо-окислительная стабильность и термостойкость, противоизносные и коррозионные свойства) работающего масла достигнет предельного значения.

Повысить эффективность контроля эксплуатационной надежности при диагностировании системы «агрегат – масло» можно за счет внедрения в стандартную технологию методов и средств, обладающих большей информативностью и относительно малой трудоемкостью выполнения анализов с учетом сложности юстировки и регулировки, при этом для обработки информационного потока обязательно применение компьютерных технологий с соответствующим универсальным или специальным программным обеспечением [13, 14].

В настоящее время применяются разнообразные методы и средства диагностирования, конструктивно основанные на различных физических принципах, позволяющие охватить контролем наиболее ответственные и дорогостоящие узлы, агрегаты и отдельные детали системы «агрегат – масло» мобильной энергетической и транспортной техники:

1) магнитный, основанный на измерении силы взаимодействия ферромагнитных частиц масла с искусственно созданным внешним магнитным полем и служащий интегральной оценкой степени износа трибосопряжений системы и количественной оценкой загрязненности масла. «агрегат – масло»;

2) электромагнитный, основанный на взаимодействии переменного магнитного поля встроенной или внешней катушки индуктивности с электромагнитным полем, возникающим от вихревых токов металлизированных частиц в смазочной среде;

3) спектральный (эмиссионно- или рентгеноспектральный), основанный на регистрации длины волны и интенсивности характеристического флуоресцентного излучения химических элементов;

4) колориметрический, основанный на измерении коэффициента пропускания света через смазочную среду.

Рассмотренные методы получения информационных данных о состоянии системы «агрегат – масло» не позволяют оценить реальный уровень её работоспособности, поскольку располагают только тем количеством информации, полученной при однократном контрольном замере безотносительно к текущему состоянию.

В результате проведенных исследований установлено что, длительность периода и условия эксплуатации масел существенным образом влияют на изменение значения показателя их относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , которая может быть использована в качестве комплексного критерия определения предельного состояния элементов систем «агрегат – масло».

Комплексный подход к совершенствованию контроля эксплуатационной надежности с применением системы диагностирования по показателю диэлектрической проницаемости элементов систем «агрегат – масло» позволит увеличить эффективность эксплуатации мобильных энергетических и транспортных средств.

## Литература

1. Инженерные решения по применению мобильных средств контроля и диагностирования параметров масел и фильтрующих элементов агрегатов автотракторной техники/ А.В. Старунский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.В. Исаев // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции 21 марта 2019 г. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 90-94.

2. Повышение эффективности технического обслуживания и контроля остаточного ресурса фильтрующих элементов агрегатов автотракторной техники/ А.В. Старунский, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.В. Исаев. // Грузовик. – 2020. – № 3. – С. 3-6.

3. Выбор методики исследований диагностических параметров масляного фильтра автотракторных двигателей/ А.В. Старунский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко и др. // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса :

Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ. – Часть II. – С. 333-339.

4. Актуальные вопросы совершенствования транспортного обеспечения сельскохозяйственных процессов с применением интерактивной диагностики/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк, А.В. Старунский // Сб.: Актуальные вопросы материально-технического снабжения органов и учреждений уголовно-исполнительной системы : Материалы Всероссийского научно-практического круглого стола. – Рязань : Академия ФСИН России, 2017. – С. 28-35.

5. Старунский, А.В. Устройство для функционального диагностирования и методика определения остаточного ресурса фильтрующих элементов мобильных энергетических и транспортных средств/ А.В. Старунский, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 169-174.

6. Диагностирование фильтрующих элементов по диэлектрической проницаемости/ А.В. Старунский, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк и др. // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 40-41.

7. Пат. РФ № 2607852. Способ диагностирования технического состояния фильтрующего элемента гидросистемы / А. А. Голиков, А. В. Старунский, В. В. Акимов и др. – Опубл. 20.01.2017; Бюл. № 2.

8. Диагностирование состояния моторного масла с помощью фильтра-датчика/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, А.В. Старунский, И.В. Исаев // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 154-157.

9. Диагностирование состояния системы смазки автомобильных двигателей/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, А.В. Старунский, И.В. Исаев // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2018. – № 2 (7). – С. 78-83.

10. Диагностирование состояния гидросистем и агрегатов автотракторной техники средствами мобильной диагностики/ А.В. Старунский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.В. Исаев // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции 22 ноября 2018 г. – Рязань : РГАТУ, 2019. – Часть 1. – С. 387-392.

11. Повышение надежности технических систем в сельском хозяйстве на основе оценки качества технического обслуживания, ремонта и диагностирования/ Г.К. Рембалович, В. В. Акимов, А.О. Большаков, А. В. Старунский // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-й МНПК 26-27 апреля 2017 года. – Рязань : РГАТУ, 2017. – Часть 2. – С. 261-265.

12. Назаров, П.А. Исследование остаточных напряжений и смазочной среды на усталостную прочность восстановленных деталей мобильной энергетической и транспортной техники/ П.А. Назаров, А.В. Старунский // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции 20 февраля 2020 г. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 174-178.

13. Исследование параметров моторного масла мобильной энергетической и транспортной техники. – Текст: непосредственный/ А.В. Старунский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.В. Исаев. // Сб.: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции 15 апреля 2020 г. – Рязань : РГАТУ, 2020. – Часть II. – С. 203-206.

14. Метод и средства повышения эффективности контроля и диагностирования параметров моторного масла мобильной энергетической и транспортной техники/ А.В. Старунский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.В. Исаев. // Сб.: Научно-

инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции 12 декабря 2019 г. Рецензируемое научное издание. – Рязань : РГАТУ, 2019. – Часть III. – С. 227-230.

15. Водолазская, Н.В. К вопросу повышения эксплуатационной надежности некоторых видов промышленного оборудования/ Н.В. Водолазская, А.Г. Минасян, О.А. Шарая // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2017. – № 1 (40). – С. 48-53.

16. Водолазская, Н.В. Надежность и эксплуатация технических систем: монография/ Н.В. Водолазская, С.В. Скребков. – Белгород, 2017. – 151 с.

17. Стребков, С.В. Топливо и смазочные материалы/ С.В. Скребков, А.В. Бондарев. – Белгород : Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – 214 с.

18. Стребков, С.В., Стрельцов В.В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе/ С.В. Скребков, В.В. Стрельцов. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 1999. – 404 с.

19. Анализ конструкций смесителей/ В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, Н.Е. Лузгин и др. // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 187-194.

20. Акимов, В.В. Обоснование необходимого объема работ по техническому сервису коммерческого автомобильного транспорта в г. Рязани/ В.В. Акимов, А.В. Волков, А.В. Паршков и др. // Сб.: Научные приоритеты в АПК: инновационные достижения, проблемы, перспективы развития : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 209-213.

21. Рембалович, Г.К. Актуальные вопросы совершенствования транспортного обеспечения сельскохозяйственных процессов с применением интерактивной диагностики/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносок и др. // Сб.: Актуальные вопросы материально-технического снабжения органов и учреждений уголовно-исполнительной системы : Материалы Всероссийского научно-практического круглого стола. – Рязань : АПУ ФСИН, 2017. – С. 28-35.

22. Ivanov, Y. Promising directions of technological development and the use of digital technologies in dairy farming/ Y. Ivanov, I. Tikhomirov // BIO WEB OF CONFERENCES. – Kazan, 2020. – Т. 27. – Р. 00147.

23. Интеллектуальная система управления и обеспечения эффективного производства продукции молочного скотоводства умной фермы/ Иванов Ю.А. и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20. – № 1. – С. 57-67.

**УДК 631.171**

## **ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ**

***В.В. Терентьев<sup>1</sup>, К.П. Андреев<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.*

**Аннотация.** Потери металла конструктивных элементов сельскохозяйственных машин из-за коррозионного разрушения являются одним из факторов, оказывающих негативное влияние на прочностные характеристики техники в процессе эксплуатации. Причинами возникновения очагов коррозии на металлических поверхностях машин и оборудования являются не только конструктивные недостатки, но и отсутствие надлежащего технического обслуживания в период эксплуатации, а также при подготовке техники к длительному хранению. Немаловажную роль в протекании коррозионного процесса играют условия

хранения машин в межсезонный период. Для предупреждения развития очагов коррозионного разрушения в работе предлагается использовать экспериментальную защитную смазку, состоящую из отработанного моторного масла, фосфатидного концентрата и порошка цинка, применение которой позволит обеспечить высокую степень защиты металлических поверхностей сельскохозяйственной техники при хранении в условиях открытой атмосферы и создаст предпосылки для повышения эксплуатационной надежности машин.

**Ключевые слова:** хранение, защита, сельскохозяйственная техника, разрушение.

**Summary.** Metal losses of structural elements of agricultural machinery due to corrosion damage are one of the factors that have a negative impact on the strength characteristics of equipment during operation. The causes of corrosion foci on the metal surfaces of machines and equipment are not only design flaws, but also the lack of proper maintenance during operation, as well as during the preparation of equipment for long-term storage. An important role in the course of the corrosion process is played by the storage conditions of machines in the off-season period. To prevent the development of foci of corrosion destruction, it is proposed to use an experimental protective lubricant consisting of used engine oil, phosphatide concentrate and zinc powder, the use of which will ensure a high degree of protection of metal surfaces of agricultural machinery when stored in an open atmosphere and create prerequisites for improving the operational reliability of machines.

**Key words:** storage, protection, agricultural machinery, destruction.

Характерной особенностью эксплуатации техники, занятой в сельскохозяйственном производстве, является непродолжительное повторяющееся и интенсивное ее применение с предстоящим длительным хранением [1–4]. Все время длительного хранения машина фактически находится под воздействием преобладающих для данной местности метеорологических условий (солнечная радиация, температура и влажность воздуха, ветер, осадки) [5]. Воздействие таких условий существенно снижает эксплуатационные характеристики конструкционных материалов.

Окружающая атмосфера является постоянно действующим носителем агрессивных коррозионных реагентов. В общем случае она включает в себя атмосферный воздух, состоящий из атомов кислорода, водорода, углекислого и инертных газов, паров воды, а также аэрозоли морских солей, промышленные газы и твердые частицы (пыль). Почти все компоненты атмосферы оказывают свое влияние на протекание коррозионных процессов. Газовый состав воздуха у поверхности земли сравнительно постоянен. Содержание в нем влаги и различных примесей может изменяться в широких пределах. Не все примеси в атмосфере одинаково коррозионно-агрессивны, но они могут усиливать действия друг друга. Наибольшее влияние на протекание процессов коррозии оказывают вода и кислород.

В сухом воздухе химическая коррозия возникает вследствие окисления металлов кислородом и этот процесс протекает медленно. Увеличение относительной влажности приводит к возникновению атмосферной (электрохимической) коррозии. Ее развитие начинается при относительной влажности более 60%, так как только в этом случае при резких колебаниях температуры воздуха происходит выпадение росы на поверхность детали (образование электролита).

На протекание атмосферной коррозии существенное влияние оказывает кислород [6–8]. Его концентрация в электролите и условия диффузии становятся важнейшими факторами, определяющими скорость атмосферной коррозии. Кроме того, надо иметь в виду, что на участках металла, к которым затруднен доступ кислорода, наблюдается разрушение в первую очередь. Именно поэтому коррозия возникает под грязью, на участках плохо выполненных сварных швов и т.д.

Интенсивность коррозии возрастает, если поверхность детали покрыта пылью. Твердые частицы пыли, оседая на металлических поверхностях, способствуют образованию пленки влаги, вследствие чего скорость протекания коррозионного процесса увеличивается.

Скорость атмосферной коррозии также зависит от температуры. При низкой температуре коррозия практически прекращается, а с повышением температуры возрастает на 1–3% на каждый градус. В процессе хранения машин кроме воздействия на черные металлы атмосфера оказывает также неблагоприятное влияние на неметаллические материалы. В наибольшей степени изменяют свои свойства резиновые изделия. Старение резины происходит в результате окисления. Скорость старения резинотехнических изделий в значительной степени зависят от воздействия температуры и солнечной радиации [9, 10].

Основным видом разрушения металлических деталей является электрохимическая коррозия. Для ее протекания необходимы электролит, который может образоваться на поверхности деталей в виде мельчайших капелек атмосферной влаги, а также анодные и катодные участки. Анодные и катодные участки на поверхности детали возникают не только за счет соприкосновения разных материалов, но и неодинаковой степени обработки поверхностей одной детали, различного допуска кислорода к поверхностям. Другими словами микрогальванические пары возникают практически везде, где на металле имеются капельки воды.

Как показывает практика эксплуатации сельскохозяйственных машин причинами отказов в работе и различных неисправностей не всегда являются конструктивные недостатки или высокие нагрузки [11–14]. Нередко этому способствуют и такие, на первый взгляд незначительные факторы, как низкое качество подготовки машин к хранению и, как следствие, резкое возрастание негативного воздействия климата и его составляющих. Под климатом понимают многолетний режим погоды, наблюдаемой в определенной местности. Он зависит от географической широты местности, общей циркуляции атмосферы (циклоны, антициклоны и др.), высоты над уровнем моря, защищенности местности горами, удаленности от моря или океана. Климат характеризуется солнечной радиацией, температурой и влажностью воздуха, ветром, осадками. Каждый из этих факторов климата оценивается годовым и суточным ходом показателей в раздельном или комплексном виде, а также вероятностью повторения тех или иных случаев погоды за определенный период. Наиболее опасными факторами климата, воздействующими на надежность, деталей и узлов объектов машин, являются солнечная радиация, осадки и выпадения росы. Если хранение в закрытом помещении, под навесом или защитным чехлом полностью или частично могут защитить машину от воздействия на нее солнечной радиации или осадков, то от выпадения росы на поверхности машины такие способы укрытия защитить не смогут.

В лаборатории Рязанского государственного агротехнологического университета разработан и запатентован состав экспериментальной защитной смазки, позволяющей повысить эффективность противокоррозионной защиты соединений металлических элементов конструкции [16]. Смазка представляет собой многокомпонентный состав, включающий отработанное моторное масло (88% состава), эмульгатор (10%) и наполнитель (2%), в качестве эмульгатора применяется фосфатидный концентрат, в качестве наполнителя – порошок цинка [15].

Экспериментальная оценка защитных свойств разработанного композиционного состава осуществлялась непосредственно на сельскохозяйственной технике, используемой в ряде агропромышленных предприятий Рязанской области. Сущность экспериментального исследования заключалась в сравнительной оценке защитных свойств различных по компонентному составу противокоррозионных материалов. Для проведения эксперимента в условиях открытого хранения машин их металлические конструктивные элементы одновременно обрабатывались следующими защитными составами [16]:

- 1) защита отработанным моторным маслом;
- 2) защита смазкой НГ-204;
- 3) защита отработанным моторным маслом + омыленным талловым пекон + серной кислотой + водой;

4) защита отработанным моторным маслом + омыленным талловым пеком + щавелевой кислотой + водой;

5) защита отработанным моторным маслом + фосфатидным концентратом + порошком цинка (экспериментальная).

Для получения максимально объективного результата эксперимента контрольные образцы, обработанные вышеперечисленными защитными составами, выдерживались в реальных условиях негативного воздействия агрессивных факторов окружающей среды (солнечная радиация, осадки и т.д.) с последующей количественной оценкой потерь металла. Экспериментальная часть исследования проводилась с сентября по май. Выбор именно этого временного промежутка объясняется тем, что техника при производстве растениеводческой продукции в подавляющем большинстве случаев используется кратковременно и именно на осенне-весенний период машины находятся на хранении. В ходе проведения исследования на металлические поверхности машин и оборудования наносились противокоррозионные составы и рядом с машинами устанавливались обработанные этими материалами контрольные образцы стыковых соединений, выполненные из металлических пластин, изготовленных из стали Ст3. Периодичность снятия контрольных образцов составляла один раз в квартал осенью, зимой и весной соответственно. После снятия образцов выполнялась оценка потерь металла и результаты фиксировались в журнале. В таблице представлены данные, полученные в ходе проведения эксперимента [16].

Как видно из представленных результатов наименьшие потери металла по всем контрольным группам зафиксированы в начальный период хранения машин (сентябрь-ноябрь). В этот период потери металла из-за коррозионного разрушения составили от 0,005 до 0,346 г/дм<sup>2</sup>. Эти потери связаны с низкой способностью защитных составов проникать в узкие щели, которые образуются в соединениях конструктивных элементов машин. В результате этого под слоем нанесенного консерванта возникают пустоты, в которых скапливается влага и, как следствие, создаются благоприятные условия возникновения очагов коррозии.

Таблица 1 – Коррозионные потери металла контрольных образцов

| Наименование консервационного материала   | Коррозионные потери, г/дм <sup>2</sup> |                        |                         | Средние коррозионные потери, г/дм <sup>2</sup> |
|---|--|------------------------|-------------------------|--|
|   | 1<br>квартал<br>(осень)                | 2<br>квартал<br>(зима) | 3<br>квартал<br>(весна) |  |
| отработанное моторное масло   | 0,346                                  | 0,891                  | 0,649                   | 0,6286   |
| смазка НГ-204   | 0,101                                  | 0,324                  | 0,216                   | 0,2136   |
| отработанное моторное масло + омыленный талловый пек + серная кислота + вода    | 0,027                                  | 0,034                  | 0,48                    | 0,0363   |
| отработанное моторное масло + омыленный талловый пек + щавелевая кислота + вода | 0,006                                  | 0,012                  | 0,019                   | 0,0123   |
| экспериментальная смазка  | 0,005                                  | 0,01                   | 0,014                   | 0,0096   |

В зимний период (декабрь-февраль) отмечено ускоренное развитие коррозионного процесса у всех контрольных групп. Потери металла возросли в среднем в 2-2,5 раза и составили от 0,01 до 0,891 г/дм<sup>2</sup> за 3 месяца. Активному развитию коррозии способствует резкие изменениями атмосферных условий в данный период. Температурные перепады в течение короткого времени могут составлять до 10–15<sup>0</sup>С, а влажность воздуха достигать 90–100% в период оттепели или выпадения мокрого снега. все эти негативные факторы

приводят к разрушению целостности защитного слоя покрытия и проникновению влаги на обработанную металлическую поверхность.

В весенний период (март-май) зафиксированы максимальные потери металла по всем контрольным группам, которые составили до 0,014–0,649 г/дм<sup>2</sup>. В этот период визуально отмечалось значительное разрушение защитного покрытия на всех образцах, что способствовало проникновению большого количества влаги к защищаемым металлическим поверхностям.

Представленные экспериментальные исследования эффективности противокоррозионной защиты металлических поверхностей различными консервационными материалами позволяют сделать вывод о том, что в начальный период хранения практически все исследуемые составы обеспечивают высокую степень защиты, но минимальные потери металла достигаются при обработке экспериментальной смазкой. В дальнейшем зафиксировано значительное снижение эффективности защиты у всех без исключения контрольных групп. В весенний период также отмечены высокие коррозионные потери у образцов, обработанных по стандартной технологии, а у образцов, покрытых экспериментальной смазкой наблюдалось снижение данного показателя. Суммарные потери металла при защите экспериментальной смазкой за весь период эксперимента составили 0,0096 г/дм<sup>2</sup>, что на 28% ниже, чем аналогичный показатель самого эффективного из сравниваемых противокоррозионных материалов.

Основываясь на результатах эксперимента можно констатировать, что применение разработанной защитной смазки позволит обеспечить высокую степень защиты металлических поверхностей сельскохозяйственной техники при хранении в условиях открытой атмосферы.

## Литература

1. Андреев, К.П. Подготовка сельскохозяйственной техники к хранению/ К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 9. – С. 36-39.
2. Развитие системы межсезонного хранения сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 112 с.
3. Перспективы организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в сельском хозяйстве/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 95 с.
4. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии/ С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, И.А. Киселев // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 90-94.
5. Комаров, В.А. Исследование процесса постановки на хранение комбайновой и самоходной техники в региональном агропромышленном комплексе/ В.А. Комаров, Е.А. Нуянзин, М.И. Курашкин // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 5. – С. 32-36.
6. Андреев, К.П. Хранение сельскохозяйственной техники: проблемы и решения/ К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1. – С. 11-14.
7. Терентьев, В.В. Обеспечение противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники при хранении/ В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Сб.: Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : Материалы научно-практической конференции. – 2017. – С. 472-475.
8. Совершенствование технологии хранения сельскохозяйственной техники/ К.П. Андреев, К.А. Забара, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 7. – С. 32-38.

9. Мелькумова, Т.В. Защита резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники/ Т.В. Мелькумова, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев // Международный научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 62-65.
10. Повышение сохранности резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 36-37.
11. Условия осаждения покрытий латуни в процессе ремонта сельскохозяйственной техники/ С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов, А.В. Шемякин и др. / Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2017. – Т. 7. – № 4 (25). – С. 39-48.
12. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении/ Ю.В. Десятов, В.В. Терентьев, М.Б. Латышенко // Сб.: 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 184-185.
13. Роль наполнителя в составе жидкого консерванта для противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственного оборудования/ А.А. Будылкин, М.Б. Латышенко, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб.: Вавиловские чтения : Материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2010. – Т.3 – С. 281-282.
14. Применение метода катодной протекторной защиты для противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственного оборудования/ И.В. Зарубин, М.Б. Латышенко, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб.: Вавиловские чтения : Материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2010. – Т.3. – С. 299-300.
15. Пат. РФ № 2534985. Защитная смазка для стыковых и сварных соединений деталей сельскохозяйственных машин / Латышёнков М.Б., Шемякин А.В., Терентьев В.В., Подъяблонский А.В. – Опубл. 10.12.2014; Бюл. № 34. – 6 с.
16. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами/ А.В. Шемякин, М.Б. Латышенко, В.В. Терентьев и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 2. – С. 87-91.
17. Стребков, С.В. Матричные технологии восстановления и упрочнения деталей/ С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев // Сб.: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий : Материалы XX Международной научно-производственной конференции. – 2016. – С. 104-105.
18. Водолазская, Н.В. Проблема повышения долговечности деталей машин, эксплуатируемых в агрессивных средах/ Н.В. Водолазская, Д.А. Шевченко // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво.– Суми : СумДУ, 2010. – С. 25-27.
19. Стребков С.В. Топливо и смазочные материалы/ С.В. Стребков, А.В. Бондарев. – Белгород : Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – 214 с.
20. Стребков, С.В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе/ С.В. Стребков, В.В. Стрельцов. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 1999. – 404 с.
21. Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery/ I.I. Gabitov, S.Z. Insafuddinov, Y. Ivanov et al. // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 70-80.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ТРЕХКАМЕРНОГО МУЛЬТИТЕМПЕРАТУРНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА NO FROST С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА В КАМЕРЫ И ТЭНОВОЙ ОТТАЙКОЙ ИСПАРИТЕЛЯ

*В.Н. Туркин<sup>1</sup>, А.М. Солотнов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос оптимизации системы автоматизации работы холодильного оборудования, которая управляет процессами холодильной обработки пищевой продукции, а так же процессом оттайки испарителя. Предложена оптимальная схема системы автоматизации трехкамерного мультитемпературного холодильного шкафа No Frost. Данная схема эффективна и позволяет упростить управление холодильными процессами многокамерного холодильного оборудования.

**Ключевые слова:** холодильная техника, холодильное оборудование, автоматизация, приборы автоматизации, эффективность, охлаждение, пищевые продукты, оттайка испарителя.

**Summary.** The article deals with the optimization of the automation system of refrigeration equipment, which controls the processes of refrigeration processing of food products, as well as the process of defrosting the evaporator. The optimal scheme of the automation system for a three-chamber multi-temperature refrigerator Cabinet No Frost is proposed. This scheme is effective and allows you to simplify the management of refrigeration processes of multi-chamber refrigeration equipment.

**Key words:** refrigeration equipment, refrigeration equipment, automation, automation devices, efficiency, cooling, food products, evaporator defrost.

В настоящее время техническая сфера и автоматика динамично развивается, усложняется по своей конструкции и архитектуре, становится более дорогой, приспособляется к условиям эксплуатации [1, 2, 3, 4, 5]. Этому способствует расширение задач, выполняемых техникой, внедряемые сервис-системы механизации и автоматизации протекающих процессов и пр.

Например, в современных холодильниках создается более сложное автоматическое управление процессами охлаждения, замораживания, подмораживания пищевой продукции, оттайки «снеговой шубы» испарителя, поддержания оптимальной влажности внутрикамерного воздуха, озонирования воздуха для эффективного хранения пищевых продуктов, подсветки холодильной камеры и др. [6, 7, 8, 9]. Для этого используют всевозможные контроллеры, датчики, реле, каналы связи, приборы сигнализации и освещения, озонаторы и пр.

Однако подобные усложнения, как правило, ведут к снижению общей надежности и бесперебойности работы данного оборудования, увеличению числа отказов, удорожанию и снижению его эффективности работы, а так же сложности схем для многокамерных мультитемпературных холодильников.

На наш взгляд, одной из наиболее простых и удачных по эффективности своей работы представляет следующая система автоматизации трехкамерного, мультитемпературного холодильного шкафа No Frost с принудительной подачей холодного воздуха в камеры. Он был разработан и используется нами в лабораторно-практических целях холодильной обработки пищевой продукции в лаборатории ФГБОУ ВО РГАТУ технологического факультета [10, 11, 12, 13, 14, 15].

На рисунке показана схема системы автоматизации данного холодильника, имеющего верхнюю камеру охлажденной продукции, центральную, нулевую (околокриоскопическую)

камеру свежести и нижнюю камеру для мороженой продукции. С целью упрощения и удешевления холодильной системы, а так же повышения ее надежности имеется только один испаритель.

Для системы автоматизации данного холодильника стоит задача поддержания температуры воздуха в трех разнотемпературных камерах, идущего от одного испарителя, а так же задача автоматизации протекания холодильных процессов камер и процесса оттайки испарителя во времени.

Для выполнения поставленных задач, холодильник оснащен недорогим, надежным механическим термореле-сильфоном 6 с датчиком 9 капиллярного типа, опущенным над испарителем. Термореле-сильфон служит для ручного задания общего уровня температуры холодного воздуха, подаваемого вентилятором 7 от испарителя 13 для всех камер холодильника. Термореле имеет 5 уровней уставок температуры с подуровнями и уставку отключения холодильника – уровень «0».

Если температура воздуха над испарителем высока, то создается большое давление газа в капилляре-датчике 9, которое заставляет термореле подавать сигнал на пуско-защитное реле 1 и командное реле 8. Пуско-защитное реле запускает компрессор, смещая во время пуска токовые фазы статора, используя для этого пусковую и рабочую обмотки статора, а так же защищает компрессор от токовых перегрузок.

Для большей надежности работы холодильник имеет аварийное тепловое реле компрессора (на рисунке не показан). В испарителе после запуска компрессора начинает вырабатываться холод.

Регуляция потока холодного воздуха от испарителя в холодильную верхнюю и среднюю нулевую камеры осуществляется за счет воздушных заслонок, расположенных в каждой камере. Заслонки настраиваются вручную на поддержание необходимой температуры воздуха и затем автономно, автоматически дросселируют, перекрывают потоки воздуха в камеру от испарителя.

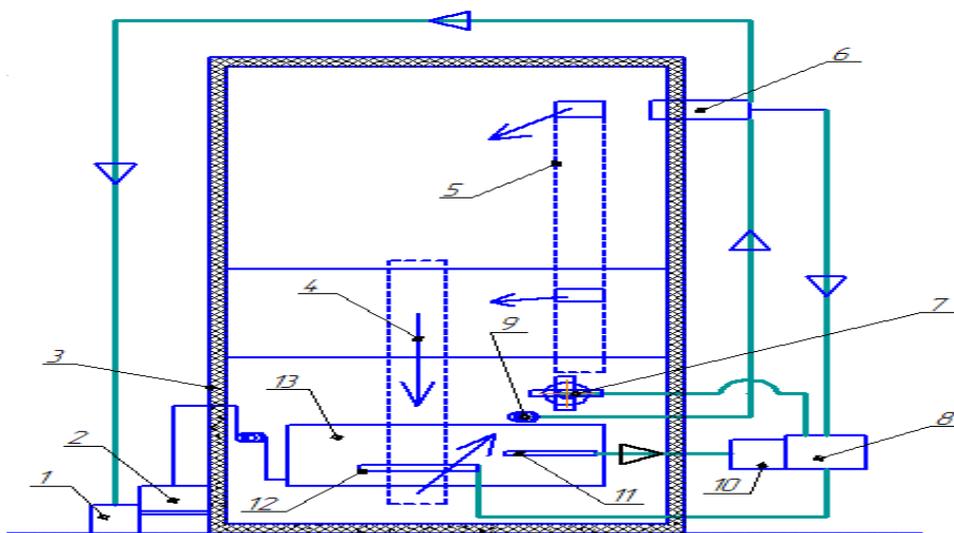


Рисунок 1 – Схема системы автоматизации трехкамерного холодильного шкафа:

- ← – управляющие сигналы системы автоматизации; ← – движение потока воздуха;
- 1 – пуско-защитное реле компрессора, 2 – компрессор, 3 – холодильный шкаф,
- 4 – канал теплого воздуха, 5 – канал холодного воздуха, 6 – термореле-сильфон,
- 7 – вентилятор, 8 – командное реле, 9 – термобалон-датчик термореле, 10 – реле оттайки, 11 – термобалон оттайки, 12 - ТЭН оттайки, 13 – испаритель

Пуско-защитное реле управляет работой компрессора, для чего выполнено на базе постоянно замкнутого соленоида. Прервать контакты соленоида и, тем самым отключить компрессор, может сигнал от термореле-сильфона при понижении температуры воздуха

над испарителем или сигнал от аварийного термореле, когда температура испарителя высока, а компрессор по каким либо причинам неотключается и продолжает постоянно работать с риском поломаться.

Для снятия с испарителя «снеговой шубы» реле системы оттайки 10 включает теплоэлектронагреватель - ТЭН 12, который расположен на испарителе по сигналу от командного реле 8. Командное реле задает время цикла работы компрессора – холодильного цикла, работы ТЭНа – цикла оттайки, а также работы вентилятора при переключении между собой циклов во времени.

Таким образом, разработанная и используемая система автоматизации работы холодильного оборудования с одним испарителем позволяет уменьшить затраты и обеспечить надежную автоматическую работу трехкамерной мультитемпературной конфигурации холодильного шкафа.

## Литература

1. Козлов, А.А. Характеристики инвестиционных процессов в аграрном секторе экономики/ А.А. Козлов, М.В. Поляков // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 361-365.

2. Гобелев, С.Н., Мокроусов, А.И. Режимы работы конденсаторных установок/ С.Н. Гобелев, А.И. Мокроусов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2020. – № 1 (10). – С. 105-109.

3. Туркин, В.Н. Использование теплообменников в конструкции холодильных машин/ В.Н. Туркин, Е. Ю. Белякова // Сб.: Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК : Материалы научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2012. – С. 246-249.

4. Туркин, В.Н. Повышение эффективности охлаждения пищевой продукции в холодильных системах с экономайзером/ В.Н. Туркин, Д.А. Благодерова // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 180-183.

5. Туркин, В.Н. Рекомендации подготовки холодильного оборудования к эксплуатации в сложных климатических условиях/ В.Н. Туркин // Сб.: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 94-96.

6. Ильин, М.Е. Феноменологическая модель массопереноса/ М.Е. Ильин, Д.Е. Каширин // Сб.: Математические методы в научных исследованиях. – Рязань : РГРУ. – 2010. – С. 25-31.

7. Туркин, В.Н. Витамины и витаминоподобные вещества в продуктах питания/ В.Н. Туркин, Ю.Н. Пономарева // Материалы 64-ой научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 403-407.

8. Туркин, В.Н. Зоны свежести камер холодильного оборудования/ В.Н. Туркин, Ю.Н. Пономарева // Сборник статей по материалам 63-й научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2012. – С. 258-261.

9. Туркин, В.Н. Нулевые зоны в современной холодильной технике/ В.Н. Туркин // Сб.: Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы : Материалы 65-ой Международной научно-практической конференции. Часть 1 (Рязань, 20-21 мая. 2014). – Рязань: РГАТУ, 2014. – С. 96.

10. Туркин, В.Н. Современный холодильник. Усовершенствованные возможности/ В.Н. Туркин, В.В. Илларионова // Сборник статей по материалам 63-й научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2012. – С. 400-402.

11. Туркин, В.Н. Предпосылки автоматического регулирования потоков холодного воздуха в холодильных камерах комбинированной холодильной техники/ В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Сб.: Современные ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 190-193.

12. Туркин, В.Н. Исследование изменения относительной влажности воздуха в холодильных камерах с регуляторами потока холодного воздуха/ В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Сб.: Современные ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 193-196.

13. Туркин В.Н. Экономическая эффективность адаптивно-динамического режима охлаждения пищевой продукции в холодильных камерах/ В.Н. Туркин, М.В. Поляков // Сб.: Приоритетные направления научно-технического развития агропромышленного России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 73-77.

14. Туркин В.Н. Расчет экономической эффективности процесса хранения пищевой продукции в холодильнике с адаптивным режимом охлаждения/ В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 43-47.

15. Мусаелян, В.Л. Автоматизация схемы управления холодильной установки МХУ-8С/ В.Л. Мусаелян, М.В. Щербатюк // Сб.: Молодёжный аграрный форум-2018 : Материалы Международной студенческой научной конференции. – 2018. – С. 275.

УДК 631.453

## ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*А.С. Улесов<sup>1</sup>, Е.С. Цедрик<sup>1</sup>, А.А. Стич<sup>1</sup>, А.А. Гуцалова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>НИУ ИТМО, г. Санкт-Петербург*

**Аннотация.** Проблемы водоподготовки в сельском хозяйстве становятся все более значимой, ввиду увеличения антропогенного влияния человека на экосистему. Развитие химической, добывающей и перерабатывающей промышленности, особенно в развивающихся странах, приводит к увеличению концентрации тяжелых металлов в сточных водах и почвах. Это ведет к тому, что сельскохозяйственные культуры могут орошаться водой с повышенным содержанием тяжелых элементов, или расти на почвах, загрязнённых ими. В работе рассматривается возможное влияние тяжелых металлов на произрастание сельскохозяйственных культур и их накопление в тканях растений. Рассматриваются основные виды токсичных металлов, поступающих в сточные воды.

**Ключевые слова:** орошение, тяжелые металлы, полив, очистка поливных вод, загрязнение сточных вод, канцерогены в почве.

**Summary.** The problems of water treatment in agriculture are becoming more and more significant, due to the increase in the anthropogenic influence of humans on the ecosystem. The development of the chemical, mining, and processing industries, especially in developing countries, leads to an increase in the concentration of heavy metals in wastewater and soils. This leads to the fact that crops can be irrigated with water with a high content of heavy elements or grow on soils contaminated with them. The paper considers the possible influence of heavy metals on the growth

of agricultural crops and their accumulation in plant tissues. The main types of toxic metals entering wastewater are considered.

**Key words:** *warming, heavy metals, watering, irrigation water treatment, wastewater pollution, carcinogens in the soil.*

В развитых и развивающихся странах происходит загрязнение сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами, что является серьезной экологической проблемой из-за их токсичности [1, с. 94]. В последние десятилетия концентрации тяжелых металлов и металлоидов в оросительной воде, почве и овощах на сельскохозяйственных угодьях значительно выросли из-за антропогенной деятельности, включая рост индустриализации и урбанизации. Загрязнение оросительной воды промышленными сточными водами привело к значительному загрязнению почв и сельскохозяйственных культур тяжелыми металлами. Если почва орошается сточными водами, это приводит к значительному увеличению концентрации тяжелых металлов в съедобных частях сельскохозяйственных растений. Например, зерновые культуры, выращиваемые на загрязненной почве, накапливают значительные количества тяжелых металлов, вызывая неблагоприятные последствия для здоровья при их употреблении. Тяжелые металлы можно найти в плодах сельскохозяйственных культур, включая овощи и фрукты. Хотя некоторые тяжелые металлы являются важными питательными веществами для растений, растения, выращенные в загрязненной почве, накапливают высокие уровни тяжелых металлов, вызывая высокую распространенность рака верхних отделов желудочно-кишечного тракта [2, с. 179]. Тяжелые металлы могут долгое время накапливаться в почве орошаемой загрязненной водой, в почве они практически не разлагаются и не теряют своих токсичных свойств. Ввиду канцерогенности тяжелых металлов, их поступление в организм с пищей даже в незначительных количествах может привести к серьезным заболеваниям. Овощи, выращенные в зараженной почве, поглощают тяжелые металлы и накапливают их в своих тканях, вызывая неблагоприятные клинические проблемы, включая физиологические нарушения, у людей, которые едят овощи, потому что в организме нет механизма для удаления тяжелых металлов.

Авторами работы [3, с. 431] провели анализ большого количества исследований и выделили основные наиболее часто встречающиеся в сточных водах тяжелые элементы (таблица 1.)

Таблица 1 – Основные тяжелые металлы сточных вод и их показатели допустимой концентрации установленные на территории РФ

| Элемент   | ПДК, мг/л |
|-----------|-----------|
| Мышьяк    | 0,01      |
| Кадмий    | 0,001     |
| Хром (+3) | 0,50      |
| Кобальт   | 0,1       |
| Медь      | 1         |
| Железо    | 0,3       |
| Свинец    | 0,01      |
| Ртуть     | 0,0005    |
| Никель    | 0,02      |
| Олово     | 2         |
| Цинк      | 1         |

Результаты исследований показывают, что повышенное содержание тяжелых элементов в воде для орошения, приводит к значительному увеличению содержания этих

тяжелых элементов в орошаемой культуре. Например, схожесть семян пшеницы в образцах почвы с повышенным содержанием тяжелых элементов показывает тенденцию к снижению всхожести в условиях существенного превышения концентрации тяжелых элементов в почве [4, с. 83] (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты исследования всхожести пшеницы на образцах почвы содержащей тяжелые металлы

| № пробы | Концентрация | Количество проросших семян | Всхожесть, % | Ростки, мм |
|---------|--------------|----------------------------|--------------|------------|
| 1       | Контроль     | 40                         | 80           | 25         |
| 2       | 2 ПДК        | 26                         | 52           | 15         |
| 3       | 4 ПДК        | 11                         | 22           | 15         |
| 4       | 10 ПДК       | 0                          | 0            | 0          |

Высокое содержание тяжелых элементов в почве приводит не только к накоплению токсичных канцерогенных веществ в самом растении, но также нарушает его естественные биологические процессы, препятствуя его нормальному росту.

Однако, существенная опасность заключается в том, что незначительные превышения концентраций тяжелых металлов в почве и воде могут быть не заметны для растений и не препятствовать их нормальному росту, но при этом накапливаясь в съедобной части растения приводит к проникновению токсичных элементов в организм человека и их накоплению с последующим канцерогенным действием. Решением этой проблемы может стать разработка эффективных мер мониторинга содержания тяжелых металлов в воде и почве, что является все более актуальным в условиях усиления антропогенного влияния на окружающую среду и увеличения рисков связанных с потреблением растительных продуктов содержащих токсичные элементы.

### Литература

1. Экологическая оценка городских почв и выявление уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования // Вестник Самарского государственного университета. – 2002. – Вып. 1. – С. 93-104.
2. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey/ M.K. Türkdogan, F. Kilicel, K. Kara, I. Tuncer, I. Urgan // Environ. Toxicol. Pharmacol. – 2003. – № 13. – Pp. 175-179.
3. Manahem, E. Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops/ E. Manahem, Ben-Hur Meni // Scientia Horticulturae. – 2018. – Vol. 234. – Pp. 431-444.
4. Цаповская, О.Н. Влияние тяжелых металлов на всхожесть семян пшеницы/ О.Н. Цаповская // Агронимия агроэкономика. – 2014. – Вып. 17. – С. 79-84.
5. Экологическая безопасность жизнедеятельности человека/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Н.Н. Казачёнок и др. – Рязань, 2017. – 196 с.
6. Результаты и перспективы развития пищевой и перерабатывающей промышленности Рязанской области/ Н.А. Моисеева, О.В. Черкасов, Н.И. Морозова и др. // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 282-287.
7. Биология с основами экологии/ С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин и др. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 368 с.

8. Новак, А.И. Комплексный эколого-биологический мониторинг загрязненности рек в городе Рязани/ А.И. Новак, О.А. Федосова, Г.В. Уливанова // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 142-147.

9. Рыданова, Е.А. Биоиндикационный и химический анализ воды в пресных водоёмах города Рязани и Рязанской области/ Е.А. Рыданова, О.А. Федосова // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2016. – № 2 (3). – С. 11-18.

10. Биология с основами экологии/С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин и др. – Рязань, 2013.

УДК 636.085.087

## СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

*В.М. Ульянов<sup>1</sup>, М.В. Паршина<sup>1</sup>, В.А. Батирова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Проведены теоретические исследования, которые могут быть использованы при обосновании конструктивно-режимных параметров смесителя для приготовления концентрированных кормов из таких ингредиентов, как дерть зерна, побочные продукты перерабатывающих производств, кормовые и минеральные добавки.

**Ключевые слова:** *смеситель, концентрированные корма, комбикорм, переработка.*

**Summary.** Theoretical studies have been carried out that can be used to substantiate the design-mode parameters of the mixer for the preparation of concentrated fodders from ingredients such as grains, by-products of processing industries, fodder and mineral additives

**Key words:** *mixer, concentrated feed, combined feed, processing.*

В Доктрине продовольственной безопасности РФ и последующих программных документах правительства ставятся задачи на продовольственное самообеспечение страны, в том числе по мясу и молоку. Что в итоге способствует продовольственной безопасности государства и импортозамещению. Выполнение этих задач требует дальнейшего развития животноводства, что невозможно без обеспеченности качественными кормами. Известно, что в себестоимости животноводческой продукции стоимость кормов значительную долю. При этом наиболее дорогими являются концентрированные корма. Оценивая логистику перевозок целесообразно производить концентрированные кормов, на долю которых в рационе кормления сельскохозяйственных животных и птицы приходится от 30% и более, непосредственно в хозяйствах из собственной кормовой базы с использованием вторичных ресурсов перерабатывающих предприятий. Это значительно позволит снизить издержки производства и себестоимость животноводческой продукции.

Концентраты или комбикорма для длительного хранения производятся с помощью смесителей. Эти машины различаются как по назначению, так и принципу действия, а также разнообразны по конструкции. Наибольшее распространение получили лопастные и шнековые смесители [1, 2]. Однако данные смесители имеют значительные габариты и высокую энергоёмкость. Получить высокое качество смеси по однородности, особенно, в шнековом смесителе достаточно сложно, даже за счет увеличения длины шнека. От однородности кормовой смеси зависит не только расход кормовых компонентов, но и продуктивность животных [3, 4].

Таким образом, разработка смесителя, обеспечивающего качественное приготовление концентрированных смесей в соответствии с зоотехническими требованиями при низкой энергоёмкости и металлоёмкости, имеет существенное значение для развития страны.

Предлагаемое нами устройство, выполнено из гравитационного дозатора кормовых компонентов и спирально-винтового смесителя (рисунок 1).

В корпусе бункера 1 гравитационного дозатора находятся перегородки, в зависимости от числа дозирующих ингредиентов корма. Перегородки передвигаются по резьбовым направляющим для изменения соотношения объемов секций для ингредиентов в бункере. К тому же на выходе из бункера за счет изменения сечения горловины при помощи заслонки можно изменять пропускную способность дозатора и соответственно смесителя.

Спирально-винтовой смеситель включает загрузочную 3 и выгрузную 4 горловины, закрепленные на корпусе 2, с размещенным вдоль его внутренней поверхности внешним спиральным винтом большего диаметра 5. Внутри которого соосно установлен спиральный винт меньшего диаметра 6, снабженный закрепленной на нем шлицевой втулкой с возможностью возвратно-поступательного перемещения по шлицам вала 7. Направления навивок спиральных винтов противоположны. Внутри корпуса 1 на валу 7 соосно установлены два прямых полых цилиндра 8 и 9 со скошенными основаниями, упирающимися друг в друга за счет пружины 10, размещенной на валу 7 между шлицевой втулкой и выступом вала. Прямые полые цилиндры 8 и 9 закреплены соответственно на торце шлицевой втулки и внутренней поверхности боковой стенки корпуса 1. Спиральные винты 4 и 5 снабжены отдельными приводами 11 и 12 с противоположным направлением вращения и с регулируемой частотой.

Техническая новизна смесителя кормов подтверждена патентом РФ на изобретение [5].

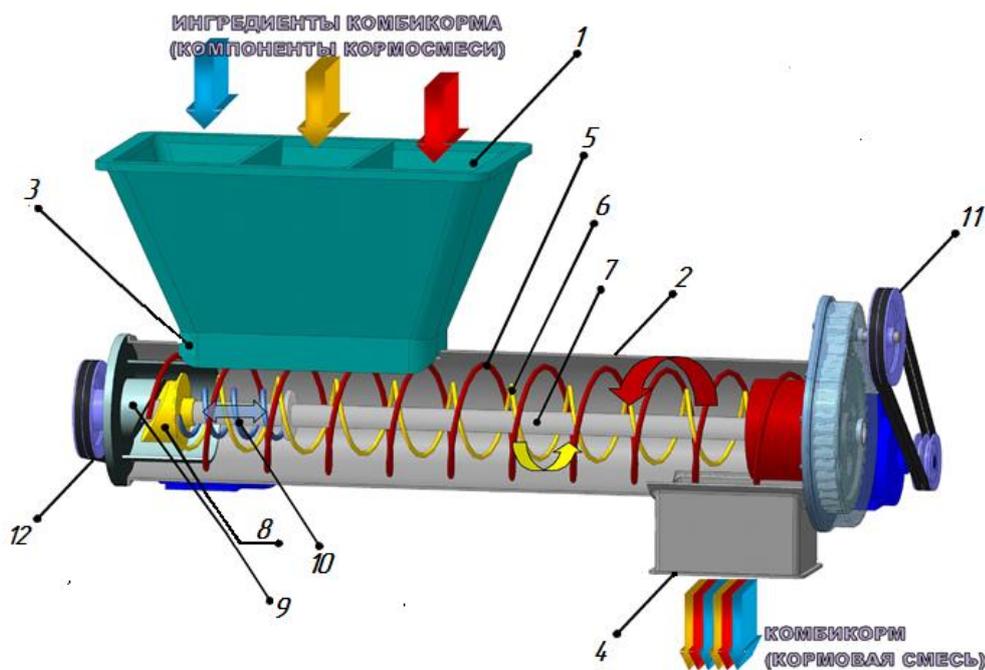


Рисунок 1 – Схема смесителя концентрированных кормов:

1 – бункер-дозатор; 2– корпус; 3, 4 – загрузочная и выгрузная горловины; 5 – внешняя спираль; 6 – внутренняя спираль; 7 – вал; 8, 9 – цилиндр со скошенным основанием; 10 – пружина; 11, 12 – привод

Смеситель работает следующим образом. Компоненты корма загружаются в секции бункера гравитационного дозатора. Откуда они в необходимой пропорции поступают во внутреннюю полость кожуха через загрузочную горловину и захватываются витками спиральных винтов. Вращающиеся спиральные винты перемешивают и транспортируют корм в сторону выгрузной горловины. При осевом перемещении витков внутреннего спирального винта меньшего диаметра происходит дополнительный сдвиг слоев перемещаемого корма. За оборот вала шлицевая втулка с внутренним спиральным винтом совершит один возвратно-

поступательный ход. При сложном движении корма, включая вращательное и возвратно-поступательное, внутри спирального винта с большим диаметром происходит активное смещение слоев относительно друг друга и интенсивное перемешивание компонентов корма в однородную смесь при одновременном движении вдоль корпуса. Готовая кормовая смесь высыпается через выгрузную горловину и далее отправляется потребителю или на хранение.

Повышения качества смешивания кормов в смесителе достигается тем, что корм одновременно перемещается двумя спиральными винтами в корпусе и на ингредиенты смеси воздействуют одновременно витки двух винтовых спиралей. При этом спиральный винт, выполненный с меньшим диаметром, совершает вращательное и возвратно-поступательное движение внутри спирального винта, выполненного с большим диаметром. Это позволяет снизить габариты машины и энергоёмкость процесса с одновременным повышением однородности получаемой кормовой смеси.

Спирали рабочих органов изготавливаются из проволоки, выполненной из материала типа сталь 65Г с противоположными направлениями подъема винтовых линий, что исключает зацепление их во время совместного вращения. Направление вращения наружной спирали должно обеспечивать движение корма от горловины загрузочной к выгрузной. Внутренняя винтовая спираль может иметь направление вращения различное, зависящее от структуры перемешиваемых ингредиентов, а также от требуемой производительности. Которая также зависит от диаметров корпуса смесителя и установленных в нём винтовых спиралей. Длина корпуса и рабочих органов смесителя влияют на качество смешения и энергоёмкость процесса.

Загрузка кормовых компонентов в смеситель осуществляется под действием гравитационных сил из бункера. Причем его производительность должна быть выше максимальной пропускной способности смесителя. Целесообразно, чтобы наружная и внутренняя винтовые спирали перемещали кормовые компоненты в одном направлении, но при противоположном вращении их спиралей.

Для теоретического исследования предлагаемого смесителя поперечное сечение его корпуса разбивается на две площади. Из которых, первая кольцевая, ограниченная диаметрами  $D_1$  наружной и  $D_2$  внутренней винтовыми спиралью, а вторая в виде круга с диаметром  $D_2$ . При работе смесителя наружная спираль перемещает слой корма с кольцевым поперечным сечением, а внутренняя спираль соответственно с круглым.

Из условия обеспечения наибольшей пропускной способности  $Q$  можно записать выражение:

$$Q = (Q_1 + Q_2)K, \quad (1)$$

где  $Q_1, Q_2$  – соответственно производительности наружной и внутренней винтовых спиралей, м<sup>3</sup>/с;  $K$  – эмпирический коэффициент пропорциональности.

Экспериментальные исследования двухспиральных смесителей показали, что при смешении сыпучих веществ коэффициент  $K$  можно принять равным 0,6.

Производительности винтовых спиралей рабочих органов смесителя при перемещении кормовых ингредиентов составят

$$Q_1 = g_{zc} \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4}; \quad Q_2 = \frac{Q \cdot D_2^2}{D_1^2}, \quad (2)$$

где  $g_{zc}$  – средняя осевая скорость частицы корма, м/с.

При максимальной производительности смесителя должно выполняться равенство средних осевых скоростей кормовой частицы на периферии внутренней и наружной винтовых спиралей.

Средняя осевая скорость перемещения кормовой массы в смесителе определим как производную от её перемещения по оси  $z$ , по аналогии как представлена в работе [6].

$$g_{zc} = Z(t) = b g'(t) + \omega'(t), \quad \text{где} \quad (3)$$

где  $\mathcal{S}'(t) = n$  – частота вращения шнека,  $c^{-1}$ ;  $b=S$  – шаг винтовой спирали, м;  $\omega$  – осевое смещение спирали, м.

Осевое смещение спирали за счет действия прямых полых цилиндров со скошенными основаниями и возвратной пружины в процессе её вращения вызывает колебание рабочего органа. Уравнение гармонических колебаний внутренней спирали от воздействия постоянной вынуждающей силой с частотой  $\Omega$  будет

$$\omega(t) = A \cos(\Omega t + \alpha) - \frac{\mu m_c g}{c}, \quad (4)$$

где  $A$  – амплитуда шнека смесителя, м;  $\Omega$  – частота колебаний шнека,  $c^{-1}$ ;  $t$  – время одного оборота шнека, с;  $a$  – начальная фаза колебаний, град;  $\mu$  – коэффициент трения корма по виткам спирали;  $m_c$  – масса спирали, кг.  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $c$  – коэффициент упругости пружины, Н/м.

Примем допущение, что второе слагаемое в формуле (4) есть величина постоянная, что в первом приближении верно. Определим производную по времени  $\omega'(t)$ , имеем:

$$\omega'(t) = -A \sin(\Omega t + a) \Omega \quad (5)$$

За один оборот спирали малого диаметра смешиваемая масса переместиться на расстояние равное шагу  $S$  её винтовой навивки. При этом, при осевом перемещении спирали под воздействием пружины в сторону подающего бункера кормовой материал также вернется назад на величину амплитуды  $A$ , равную высоте выступа скоса втулки. В результате, за один оборот внутренней винтовой спирали, масса корма переместиться на расстояние равное  $(S - A)$ .

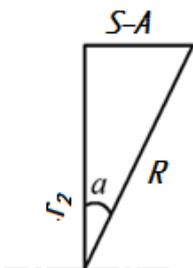


Рисунок 2– Схема для расчета

Исходя, из рисунка 2 начальная фаза определяется как  $\sin \alpha = \frac{S - A}{R}$ . Определим

гипотенузу  $R$  через радиус навивки внутренней спирали  $r_2 = \frac{D_2}{2}$  и перемещение корма  $(S - A)$ .

По теореме Пифагора гипотенуза  $R$  будет:

$$R = \sqrt{r_2^2 + (S - A)^2} = r_2 \sqrt{1 + \left(\frac{S - A}{r_2}\right)^2}$$

С учетом последнего выражения имеем

$$\sin \alpha = \frac{S - A}{R} = \frac{S - A}{r_2 \sqrt{1 + \left(\frac{S - A}{r_2}\right)^2}} \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что начальная фаза колебаний будет

$$a = \arcsin \alpha = \arcsin \frac{S - A}{r_2 \sqrt{1 + \left(\frac{S - A}{r_2}\right)^2}} \quad (7)$$

Подставим значение начальной фазы колебаний из выражения (7) в формулу (5), получим

$$\omega'(t) = -A \sin \left( \Omega t + \arcsin \frac{S - A}{r_2 \sqrt{1 + \left( \frac{S - A}{r_2} \right)^2}} \right) \Omega \quad (8)$$

Учитывая конструкцию прямых полых цилиндров со скошенными основаниями, то за один оборот спирали будет совершено одно возвратно-поступательное её движение, тогда частота колебаний ( $\Omega$ ) будет соответствовать частоте вращения винтовой спирали, то есть  $n = \Omega$ . С учетом последнего выражение (8) примет вид

$$\omega'(t) = -A \sin \left( n_2 t + \arcsin \frac{S - A}{r_2 \sqrt{1 + \left( \frac{S - A}{r_2} \right)^2}} \right) n_2 \quad (9)$$

Подставим в выражение (3) выражения (9), получим окончательно среднюю осевую скорость (м/с) перемещения массы спиралью меньшего диаметра

$$g_{zc} = S n_2 - A \sin \left( n_2 t + \arcsin \frac{S - A}{r_2 \sqrt{1 + \left( \frac{S - A}{r_2} \right)^2}} \right) n_2 \quad (10)$$

Из представленной формулы (10) видно, что средняя осевая скорость перемещения материала в смесителе зависит от частоты вращения рабочего органа, его амплитуды колебаний, шага и радиуса винтовой навивки спирали.

Частоту вращения наружной винтовой спирали ( $n_1, c^{-1}$ ) смесителя находим по формуле

$$n_1 = \frac{4Q_1 \cos \varphi}{\pi^2 D_1 \left( D_1^2 - D_2^2 - \frac{\delta_1^2}{\sin \alpha_1} \right) \sin \alpha_{1p} \cos(\alpha_{1p} + \varphi)} \quad (11)$$

Частоту вращения внутренней винтовой спирали ( $n_2, c^{-1}$ ) смесителя находим по выражению

$$n_2 = \frac{4Q_2 \cos \varphi}{\pi^2 D_2 \left( D_2^2 - \frac{\delta_2^2}{\sin \alpha_2} \right) \sin \alpha_{2p} \cos(\alpha_{2p} + \varphi)} \quad (12)$$

где  $\varphi$  – угол трения кормового материала по поверхности винтовой спирали;  $\delta_1; \delta_2$  – диаметры проволоки спиралей, м;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_{1p}, \alpha_{2p}$  – углы подъема винтовой линии спиралей, их можно определить по формулам [7].

При выборе частот вращения винтовых спиралей рекомендуются следующий диапазон  $n = 5 \div 17 c^{-1}$ . Меньшие их значения принимают при больших диаметрах корпуса смесителя, а большие – при меньших. При этом уменьшение частоты вращения спиралей ведет к снижению пропускной способности и качества смешения, а высокие скорости спиралей увеличивают энергоёмкость процесса.

Потребную мощность на привод смесителя можно определить по формуле [8]:

$$N_{\text{мех}} = \frac{Q}{367} \cdot L_{\text{см}} \cdot W_c, \text{ кВт} \quad (13)$$

где  $L_{\text{см}}$  – рабочая длина корпуса смесителя, м;  $W_c$  – обобщенный коэффициент сопротивления перемешиванию корма.

Обобщенный коэффициент сопротивления  $W_c$  зависит от физико-механических характеристик кормовых компонентов смеси и определяется экспериментальным путем.

Высокая однородность концентрированной смеси обеспечивается при рабочей длине корпуса смесителя  $L_{\text{см}} = (20 \div 30)D_p$ .

Использование предложенного смесителя для приготовления сухих кормов из ингредиентов с различными физико-механическими свойствами позволит получение концентрированных смесей для сельскохозяйственных животных, удовлетворяющих по однородности зоотехническим требованиям при низкой энергоёмкости.

Результаты теоретических исследований могут быть использованы при обосновании конструктивно-режимных параметров смесителя для приготовления концентрированных кормов из таких ингредиентов, как дерть зерна, побочные продукты перерабатывающих производств, кормовые и минеральные добавки.

### Литература

1. Паршина, М.В. Анализ конструкций дозирующе-смешивающих устройств сухих кормов/ М.В. Паршина /Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – Часть III. – С. 199-204.
2. Шнеково-лопастной смеситель для приготовления кормов/ В.М. Ульянов, В.В. Утолин, А.А. Полункин, Е.Е. Гришков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 6. – С. 11-12.
3. Испытание спирального смесителя в производственных условиях/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Е.Е. Гришков и др. // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 26-27.
4. Конструктивно-технологические параметры спирального смесителя/ В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, А.А. Полякова, А.Н. Топильский // Сельский механизатор. – 2015. – № 7. – С. 28-29.
5. Пат. РФ № 2687202 С1. Смеситель кормов / Ульянов В.М., Утолин В.В., Липин В.Д., Паршина М.В., Паршина В.А. – Опубл. 07.05.2019; Бюл. № 13. – 9 с.
6. Полункин, А.А. Усовершенствованная технология и смеситель для приготовления сырых кормов из отжатой мезги и сгущенного кукурузного экстракта : дис. ... канд. техн. наук/ А.А. Полункин. – Мичуринск-накоград РФ, 2014. – 198 с.
7. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры/ А.М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
8. Двухспиральный смеситель-конвейер кормов/ В.М. Ульянов, С.Е. Крыгин, М.В. Паршина и др. // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – Часть 3. – С. 391-396.
9. Research in parameters of working process of interfusing in batcher mixer/ A. Kolesnikov, A. Pastukhov, N. Vodolazskaya, A. Minasyan // Engineering for rural development. Proceedings, Vol. 18. Latvia University of Life Sciences and Technologies. – Jelgava, 2019 – P. 487-492.
10. Мачкарин, А.В., Рыжков А.В. Теоретические исследования вибросмешивания сыпучих кормов/ А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 3 (23). – С. 43-55.
11. Комбикормовый агрегат/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, В.И. Гриньков, А.В. Байдов // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы

научно-практической конференции с международным участием. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 36-40.

12. Испытания спирального смесителя в производственных условиях/ В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Е.Е. Гришков и др. // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 26-27.

13. Лузгин, Н.Е. Анализ эффективности кондиционирования гранулированных кормов/ Н.Е. Лузгин, В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Сб.: Потенциал науки и современного образования в решении приоритетных задач АПК и лесного хозяйства : Материалы Юбилейной национальной научно-практической конференции от 20.02.2019 г. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 39-42.

14. Каширин, Д.Е. Исследование влияния конструктивно-технологических параметров смесителя-обогапителя концентрированных кормов на энергоемкость процесса смешивания/ Д.Е. Каширин, А.А. Полякова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (120). – С. 107-113.

УДК 621.313.333

### ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ

*С.О. Фатьянов<sup>1</sup>, Р.А. Абиров<sup>1</sup>, А.С. Морозов<sup>1</sup>, А.П. Пустовалов<sup>1</sup>, Т.О. Мишина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы защиты электрических нагрузок с помощью усовершенствованного устройства защитного отключения (УЗО), позволяющего отключать нагрузку при КЗ и несимметрии питающего напряжения. рассмотрены классификация аварийных и ненормальных режимов работы асинхронных электродвигателей. Приведена схема устройства защиты.

**Ключевые слова:** *комбинированное устройство защитного отключения, электродвигатель, пороговое значение, стабилитрон.*

**Summary.** The article deals with the protection of electrical loads using an improved residual current device (RCD), which allows you to disconnect the load in case of short circuit and unbalance of the supply voltage. the classification of emergency and abnormal operating modes of asynchronous electric motors is considered. The diagram of the protection device is shown.

**Key words:** *combined residual current device, electric motor, threshold value, zener diode.*

Постоянно увеличивающаяся энерговооруженность сельского хозяйства за счет применения электрооборудования требует повышения надежности его работы. Кроме конструкционной надежности самого электрооборудования оказывает влияние на его работу возникновение ненормальных и аварийных режимов [1, с. 121].

Одной из причин возникновения таких режимов является недостаточное качество поставляемой электроэнергии, которое определяется величинами определенных коэффициентов, например установившемся отклонением напряжения  $\delta U_y$ , коэффициентом искажения от синусоидальной формы кривой питающего напряжения  $K_U$ , коэффициентами несимметрии напряжений по обратной  $K_{2U}$  и нулевой последовательностям  $K_{0U}$  и множеством других коэффициентов. Виновником ухудшения коэффициентов качества электроэнергии, может быть как энергоснабжающая организация, так потребители с нелинейной, несимметричной, переменной нагрузкой [2, с. 154].

Самой распространенной электрической нагрузкой в сельскохозяйственных электроустановках являются асинхронные электродвигатели [3, с. 204], которые чаще всего используются в электроприводах. Электроэнергия не соответствующая уровню необходимого качества приводит к уменьшению мощности электродвигателя, его нагреву, снижению срока службы и преждевременному выходу из строя. Кроме того наблюдается

негативное воздействие на саму электросеть в виде перегрева и потерь электроэнергии [4, с. 194].

Перегрев электродвигателя вызывает старение изоляции АД и увеличивает потери мощности, которые можно оценить введя коэффициент чувствительности защиты согласно выражению [5, с. 281]:

$$K_{\text{ч}} = \frac{\Delta P_{\text{н}}}{\Delta P_{\text{см}} - \Delta P_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{н}}$  – потери мощности при работе электрооборудования в номинальном режиме. Приняв  $P_{\text{н}}$  за единицу получим

$$K_{\text{ч}} = \frac{1}{\Delta P_{\text{см}} - 1}. \quad (2)$$

При работе электродвигателя в условиях несимметричного режима можно получить выражение

$$(I_{A^*}^2 + I_{B^*}^2 + I_{C^*}^2) = \frac{3}{K_{\text{ч}}}. \quad (3)$$

Из последнего выражения следует, что чем меньше коэффициент чувствительности, который всегда меньше единицы, тем больше должна быть правая часть последнего выражения, т.е. сумма квадратов токов [6, с. 150].

Таким образом настройка защиты должна основываться на коэффициенте чувствительности, который в свою очередь зависит от потери мощности.

Главным фактором износа АД можно считать старение изоляции статорной обмотки в результате перегрева. Следовательно устройство защиты должно отключить электродвигатель при работе двигателя в режиме перегрева [7, с. 417]. Однако необходимо учесть допустимое заводом-изготовителем время работы АД в этом режиме, чтобы не допустить остановки технологического процесса, влекущей большие экономические потери по сравнению с ремонтом или потерей электродвигателя электрифицированной установки.

Для построения комбинированного устройства защиты необходимо изучить аварийные режимы работы АД. Самым опасным из них является режим короткого замыкания, когда ток превышает номинальное значение в десятки и сотни раз. Бывают одно-двух и трехфазные замыкания. Различные виды аварийных режимов, носящих в своей основе электрический характер хорошо иллюстрирует схема на рисунке 1.

Далее необходимо рассмотреть и применить какой либо метод расчета таких режимов [8, с. 277]. Существует метод симметричных составляющих и метод фазных координат. При использовании первого метода несимметричная тройка питающего напряжения представляется двумя симметричными последовательностями: прямой, обратной последовательностями и нулевой последовательностью. Этот метод является трудоемким и применяется редко. Метод фазных координат свободен от некоторых недостатков предыдущего метода и связан с представлением элементов сети в виде многополюсников.

Комбинированное устройство защиты не может учесть в своей конструкции все виды аварийных и ненормальных режимов работы в силу усложнения [9, с. 53]. Поэтому оно должно обеспечить слежение за состоянием изоляции, симметричности напряжения питания АД и возможностью надежной защиты обслуживающего персонала от воздействия электрического тока. Наиболее опасным является ненадлежащее состояние изоляции, которое приводит к возникновению возгораний и коротким замыканиям [10, с. 228].

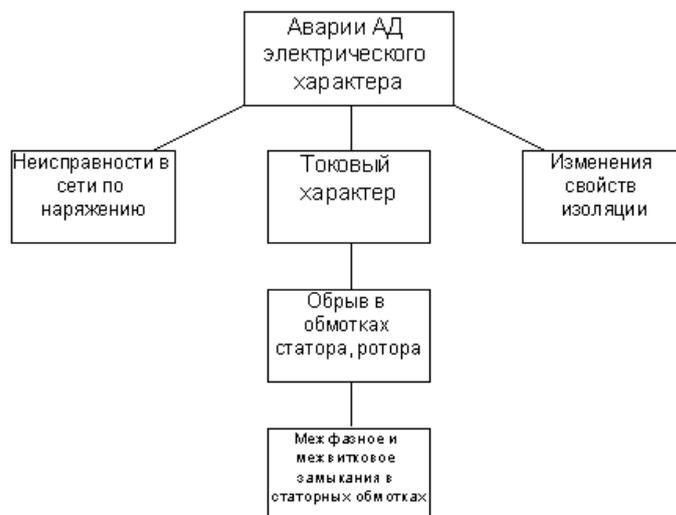


Рисунок 1 – Классификация аварийных режимов работы АД

При конструировании комбинированного устройства защиты (КУЗО) необходимо учесть, чтобы оно срабатывало при необходимости защиты человека, несмотря на состояние подаваемого напряжения на электроустановки или состояния их изоляции. Функциональная схема устройства, реагирующего на несимметрию напряжения питания и осуществляющего защиту человека от поражения электрическим током представлена на рисунке 2.

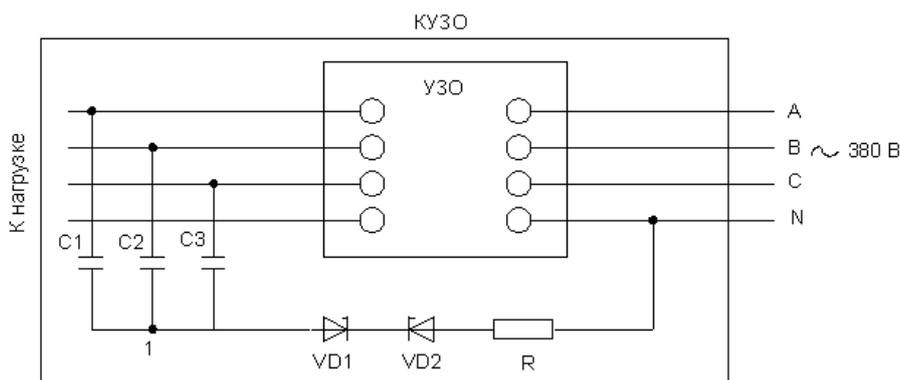


Рисунок 2 – Схема комбинированного УЗО

Оно состоит из стандартного устройства защитного отключения (УЗО) и дополнено блоком элементов из конденсаторов и стабилитронов с токоограничивающим резистором. Работа этого устройства заключается в том, что при возникновении несимметрии напряжения питания в точке 1 появляется напряжение смещения относительно нулевого напряжения. В результате через стабилитроны и токоограничивающий резистор протекает ток утечки, который воздействует на УЗО, которое отключает электродвигатель или другую защищаемую нагрузку. Если напряжение смещения не превышает установленного с помощью стабилитрона порога срабатывания, то УЗО не работает и нагрузка останется в работе. Выбор порогового напряжения представляет собой отдельный вопрос и рассчитывается методом фазных координат на основании схемы замещения КУЗО, в которой учитывается емкость конденсаторов, марка стабилитронов и параметры других элементов и устройств. Расчет производится в матричной форме. Так, например при конденсаторах емкостью  $C = 10$  мкф и стабилитронах Д816Г порог срабатывания составляет приблизительно 84 В.

## Литература

1. Сомов, И.Я. Повышение эффективности защиты асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроустановок от ненормальных и аварийных режимов работы/ И.Я. Сомов. – Волгоград, 2004. – 166 с.
2. Макаров, А.Ю. Современные методы и устройства компенсации реактивной мощности/ А.Ю. Макаров, С.О. Фатьянов // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 153-156.
3. Латышенко, Н.М. Особенности хранения семенного зерна в металлических силосах/ Н.М. Латышенко, А.А. Слободскова, А.В. Ивашкин // Сб.: Знания молодых – будущее России : Материалы XVIII Международной студенческой научной конференции: В 5 частях. – 2020. – С. 203-204.
4. Морозов, А.С. Повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве/ А.С. Морозов, И.И. Садовая, С.О. Фатьянов // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 193-196.
5. Бышов, Д.Н. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска/ Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин В.В. Павлов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – Пенза : ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 2015. – С. 280-282.
6. Математическое обеспечение задач интерпретации результатов косвенных измерений в спектроскопии/ М.Е. Ильин, А.И. Новиков, С.О. Фатьянов, Е.П. Чураков // Электронное моделирование. – 1991. – № 2. – С. 144-152.
7. Применение объемных резонаторов в СВЧ установках при обеззараживании молока на фермах/ Д.М. Евдокимов, С.О. Фатьянов, А.С. Морозов и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 416-421.
8. Мисюрева, С.А. Снижение энергопотребления при нагреве воды в коровнике/ С.А. Мисюрева, А.С. Морозов, С.О. Фатьянов // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 276-279.
9. Фатьянов, С.О. Априорное гарантирующее оценивание параметров при проектировании алгоритмов управления механическими объектами/ С.О. Фатьянов, К.В. Миронова // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 3 (23). – С. 52-56.
10. Маслов, И.О. Режимы работы батарей статических конденсаторов в сетях 110 КВ/ И.О. Маслов, С.О. Фатьянов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2015. – № 1. – С. 227-232.
11. Олехно, Г.В. Электрическая схема устройства защиты электродвигателей от перегрева/ Г.В. Олехно, С.В. Вендин // Сб.: Материалы Международной студенческой конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 231.
12. Смыченко, Д.В. Схема защиты 3-х фазного электродвигателя от неполнофазного режима/ Д.В. Смыченко, С.В. Вендин // Сб.: Материалы Международной студенческой конференции. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 236.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОНАСОСА

*С.О. Фатьянов<sup>1</sup>, А.С. Танабаев<sup>1</sup>, А.С. Морозов<sup>1</sup>, А.П. Пустовалов<sup>1</sup>, Т.О. Мишина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы защиты электродвигателя погружного насоса от «сухого хода», который возникает при понижении уровня воды до критического значения. В этом случае электродвигатель насоса работает, а вода в накопительный резервуар не поступает. Рассматриваются параметры устройства реагирующего на этот режим.

**Ключевые слова:** «сухой ход», электродвигатель, погружной электронасос, магнитный пускатель, ток статора.

**Summary.** The article deals with the protection of the electric motor of a submersible pump from «dry running», which occurs when the water level drops to a critical value. In this case, the pump motor runs, and water does not flow into the storage tank. The parameters of the device reacting to this mode are considered.

**Key words:** «Dry running», electric motor, submersible electric pump, magnetic starter, stator current.

Статья посвящена проблеме защиты электродвигателя погружного насоса, входящего в систему обеспечения водой потребностей животноводческой и растениеводческой отраслей сельского хозяйства [1, с. 25].

Одним из неблагоприятных режимов работы погружного насоса является режим «сухого хода», когда уровень воды снижается ниже всасывающего устройства электронасоса. Этот режим характеризуется тем, что электродвигатель насоса работает, а вода не поступает в накопительный резервуар, циркулируя внутри насоса, если в конструкции отсутствует обратный клапан, что чаще всего наблюдается практически. При таком режиме вся подводимая к насосу мощность расходуется на потери различного вида [2, с. 7]. Для того, чтобы определить момент времени наступления режима «сухого хода», надо определить мощность, потребляемую насосом в этом режиме. Этому должно предшествовать определение напора, при котором вода перестанет доходить до резервуара водонапорной башни. Используя геометрические размеры, приведенные на рисунке 1 можно рассчитать высоту, на которую необходимо поднимать воду:

$$H_{\Gamma} = H_{\text{скв}} - L_{\text{дв}} - L_{\text{тр}} + H_{\text{б}}, \quad (1)$$

где  $H_{\text{скв}}$  – глубина скважины, м;  $L_{\text{дв}}$  – длина погружного электродвигателя, м;  $L_{\text{тр}}$  – длина трубопровода от скважины до башни, м;  $H_{\text{б}}$  – высота башни, м.

Зная высоту подъема, можно определить мощность, расходуемую на циркуляцию воды внутри насоса в режиме «сухого хода» по формуле:

$$P_{\text{H}} = \rho \cdot g \cdot V \cdot H_{\Gamma}, \quad (2)$$

где  $V$  – объем воды проходящий через насос в единицу времени, м<sup>3</sup>/ч.

Полную мощность, расходуемую насосом в этом режиме определим по формуле:

$$P_{\text{с.х.}} = P_{\Gamma} + P_{\text{об.}} + P_{\text{д.тр.}} + P_{\text{вн}} + P_{\text{H}}, \quad (3)$$

где  $P_{\Gamma}$  – гидравлические потери,  $P_{\text{об.}}$  – объемные потери,  $P_{\text{д.тр.}}$  – дисковые потери в насосе,  $P_{\text{вн}}$  – внешние механические потери.

Исследования и расчеты показывают, что мощность сухого хода снижается на 30–50% по сравнению с мощностью, подводимой к электронасосу в режиме работы с номинальной мощностью. Это обстоятельство позволяет определить момент наступления критического

режима работы насоса, который характеризуется при одном и том напряжении питания и частоте снижением статорного тока [3, с. 194]. Таким образом контролируя величину этого тока можно остановить работу погружного электродвигателя при этом неблагоприятном режиме. Исследования показывают снижение тока статора на 25–30% относительно номинального [4, с. 154]. В силу того, что ток статора может снизиться из-за падения питающего напряжения, необходимо учесть это обстоятельство во избежание ложных срабатываний. Выяснилось, что все последующие расчеты параметров устройства защиты необходимо производить при питающем электродвигатель напряжении равным  $0,9U_{ном}$ .

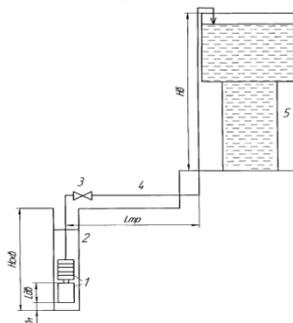


Рисунок 1 – Схема подачи воды:

1 – насос с электродвигателем; 2 – скважина; 3 – напорная задвижка; 4 – напорный трубопровод; 5 – водонапорная башня

Ток статора снижается от номинального значения до значения «сухого хода» не мгновенно, а сопровождается переходным процессом [5, с. 417]. Это обстоятельство вносит свою лепту в копилку ложных срабатываний, что требует введения задержки времени на срабатывание защиты [6, с. 42]. Исследования характеризуют переходный процесс продолжительностью 0,4–0,5 с в зависимости от мощности электродвигателя. Задержки с большим запасом не рекомендуются в связи с тем, что уменьшается охлаждение электродвигателя, ухудшаются смазывающие свойства воды [7, с. 72]. Оказывает влияние на выбор времени задержки пусковой ток. Как вариант, задержка может соответствовать окончанию действия пускового тока. Изменение статорного тока в различных режимах хорошо иллюстрирует рисунок 2 [8, с. 265].

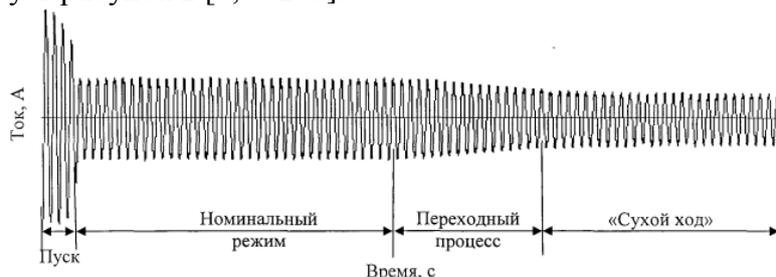


Рисунок 1 – Осциллограмма статорного тока двигателя погружного насоса

На рисунке 2 представлена функциональная схема защиты погружного электродвигателя насоса. Она состоит из трансреакторов, которые предназначены для преобразования тока, протекающего по статорным обмоткам электродвигателя в напряжение. Это напряжение потом выпрямляется и сравнивается компараторами с напряжением подстроечного резистора с напряжением делителя [9, с. 58]. По результатам сравнения выдаются сигналы на работу электродвигателя либо в режиме «сухого хода» или перегрузки. Эти сигналы обозначаются светодиодами. Оба сигнала через схему «Или» и через линию задержки воздействуют на управляющее реле. Это реле предназначено для работы силового пускателя, нормально замкнутые контакты которого отключают электродвигатель погружного насоса. При реальном использовании этого защитного



конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2017. – С. 264-265.

9. Ключко, В.К. Калмановский алгоритм восстановления смазанного радиолокационного изображения/ В.К. Ключко, Е.П. Чураков, С.О. Фатьянов // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2004. – Т. 47. – № 9. – С. 54-59.

10. Лавров, А.М. Оптимизация формы ректального облучателя для лечения животных методом УВЧ-терапии/ А.М. Лавров, С.О. Фатьянов // Сборник научных докладов ВИМ. – 2010. – Т. 1. – С. 544-553.

11. Сухомлинова, Е.В. Анализ надежности электродвигателей сельскохозяйственных машин/ Е.В. Сухомлинова, Н.В. Водолазская // Наука молодых – инновационному развитию АПК: в 4 т. Том 4. – п. Майский, 2019. – С. 292.

12. Северинов, Я.М. Энергоэкономичное устройство для защиты погружного двигателя от «сухого хода»/ Я.М. Северинов, Р.В. Шахбазян // Сб.: Наука молодых – инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. – 2019. – С. 110.

УДК 621.577

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ МАКСИМАЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОВОЩЕХРАНИЛИЩА

*С.О. Фатьянов<sup>1</sup>, И.Г. Фадькин<sup>1</sup>, А.С. Морозов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** Статья посвящена постановке задачи максимального быстродействия в системах автоматического регулирования температуры (САРТ) овощехранилища и анализу способов его реализации. Это является актуальным вопросом в поддержании постоянства параметров микроклимата овощехранилища. Рассмотрены принцип действия системы, а также взаимосвязь специфики работы отдельных ее элементов и максимизации быстродействия системы в целом.

**Ключевые слова:** *овощехранилище, энергоноситель, электрический механизм, исполнительный механизм, регулирующий орган.*

**Summary.** The article is devoted to the formulation of the problem of maximum performance in automatic temperature control systems (ATCS) of vegetable storage and to the analysis of methods for its implementation. This is an urgent issue in maintaining the constancy of the microclimate parameters of the vegetable store. The principle of operation of the system, as well as the relationship between the specifics of the operation of its individual elements and the maximization of the speed of the system as a whole are considered.

**Key words:** *vegetable store, energy carrier, electrical mechanism, actuator, regulatory body.*

Современные САРТ представляют из себя системы стабилизации, алгоритм их работы заключается в обеспечении постоянства температуры в овощехранилище в независимости от режима его работы. Функциональные возможности существующих САРТ далеко не идеальны, при этом требуется повышение эффективности работы систем, в том числе за счет увеличения быстродействия. Для решения данной задачи целесообразно внедрение системы программного регулирования, то есть установка определенной программы, в соответствии с которой обеспечивается поддержание требуемой температуры в овощехранилище на всем периоде хранения урожая. В связи с этим возникает необходимость использования электрических элементов в исполнительно-регулирующем устройстве (ИРУ) регуляторов [1, с. 361].

Рассмотрим принцип действия системы на структурной схеме САРТ овощехранилища (рисунок 1). Температура в зоне хранения урожая фиксируется чувствительным элементом датчика температуры. Эта температура, как было сказано ранее, регулируется в одном из режимов, заданных программой на основании данных о режиме работы овощехранилища. Режим выбирается задающим устройством 4. Электродвигатель вращает трехходовой кран 12, с помощью которой открываются или закрываются патрубки 10 и 11, через которые проходит поток энергоносителя.

Датчик 2 на основании показателей температуры формирует сигнал  $U_D(T)$ . Этот сигнал поступает на схему сравнения 3, на другие входы которой подается сигнал нагрузки  $U_H(P)$  и сигнал программного устройства  $U_3(T)$ . На выходе схемы сравнения получаем сигнал рассогласования, который поступает на вход блока управления 6, где он преобразуется в сигнал  $U_Y(T)$ , управляющий регулятором 5. С помощью регулятора поток энергоносителя направляется в овощехранилище, после чего регулирующий сигнал  $\mu(T)$ , поступающий в овощехранилище, изменяя температуру сокращает рассогласование в пределах, заданных параметрами данной системы и режима работы овощехранилища [2, с. 265].

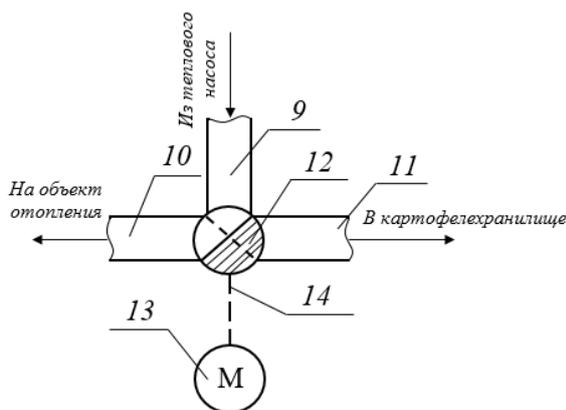
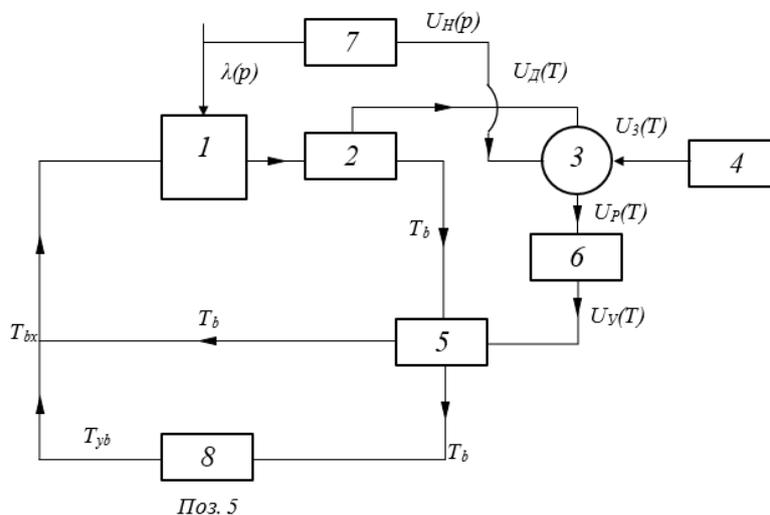


Рисунок 1 – Структурная схема системы охлаждения-нагрева овощехранилища:

- 1 – объект регулирования; 2 – датчик температуры; 3 – схема сравнения;
- 4 – программное устройство; 5 – регулятор; 6 – блок управления; 7 – датчик нагрузки; 8 – объект отопления; 9, 10, 11 – патрубки трехходового крана; 12 – пробка трехходового крана;
- 13 – электродвигатель; 14 – механическая связь

В данном случае овощехранилище, являясь теплообменным устройством, рассматривается как регулируемый объект. На основании входных сигналов (рассогласования температуры энергоносителя, нагрузки расчетного значения температуры)

система формирует выходной управляющий сигнал, регулирующий подачу тепла на объект в пределах от минимума до максимума. Эти крайние значения соответствуют полному закрытию или открытию клапана, через который поступает тепло в овощехранилище. При этом изменение воздействия в системе регулирует исполнительный механизм, недостатком которого является ограниченность скорости изменения в обе стороны [3, с. 7].

Для реализации максимального быстродействия системы патрубки 9, 10 и 11 должны закрываться и открываться с максимально возможной скоростью. Но ввиду ограниченной скорости работы исполнительного механизма, необходимо закрывать открывать патрубки в тот момент, когда температура энергоносителя в системе близка к заданной. В противном случае, при запаздывании закрытия патрубка 10, требуемая температура установится раньше, следовательно, придется снижать скорость закрытия, что негативно скажется на быстродействии всей системы в целом [4, с. 417].

В условиях, когда начальное рассогласование между измеренным и заданным значением температуры системы охлаждения (отопления) невелико, требуется преждевременное закрытие и открытие патрубков 10 и 11, с целью не допустить установления максимума температуры системы отопления (охлаждения) [5, с. 154].

На рисунке 1 поз. 5 показан привод механизма регулятора. Символом М обозначен электродвигатель, который приводит в движение трехходовой кран. Пробка 12, вращаясь, закрывает или открывает патрубки, ведущие к объекту отопления (охлаждения) или в овощехранилище [6, с. 55].

На рисунке 2 изображена структурная схема простейшего следящего привода. Два исполнительных механизма – апериодический и интегрирующий с релейным управлением – являются звеньями данного привода. Пусть задняя часть электрического механизма построена в соответствии со схемой следящего привода.

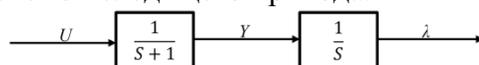


Рисунок 2 – Структурная схема электрического исполнительного механизма

Далее представлены уравнения, описывающие автоматическую систему электрического и исполнительного механизма, которая в свою очередь предназначена для обеспечения оптимизации быстродействия регулирования:

$$\frac{dX}{dt} = Y; \quad \frac{dY}{dt} = U - Y, \quad (1)$$

при этом условие, ограничивающее управляющее воздействие:  $|U| \leq 1$ .

Координаты системы в начале процесса управления следующие:  $X_0 < 0, Y_0 = 0$ ; в конечном положении:  $X_K = Y_K = 0$  [7, с. 545].

По условию максимального быстродействия системы необходимо, чтобы время перемещения системы между граничными положениями  $t_K$  было минимальным. Для реализации данной задачи используется двухэтапное управление системой отопления (охлаждения). Первый этап подразумевает определение времени  $t_1$ . В течение этого времени необходимо постоянное выполнение условия  $U = +1$ , что соответствует максимальному уровню регулирующего воздействия. Это обеспечит наибольшее условие следящего привода при разгоне. На втором этапе используется режим противовключения, что необходимо для наискорейшего торможения привода. Это достигается путем сохранения максимального абсолютного значения регулирующего воздействия с изменением его полярности, т.е.  $U = -1$ . На рисунке 3 изображена структурная схема электрического механизма [8, с. 194].

В таком случае необходимо, чтобы система управления двигателем была оптимальной, критерием оптимальности выступает быстродействие. В представленной схеме энергоноситель, с учетом температурного режима, подается в овощехранилище или на объект отопления. Подачу энергоносителя осуществляет электродвигатель, соединенный с регулирующим органом через редуктор. Рассматривая работу регулирующего органа

в реальных условиях, к исполнительному механизму может быть поставлено следующее требование: необходимо посредством исполнительного механизма обеспечить минимальное время перемещения пробки РО из точки  $\alpha_0$ , что является ее начальным положением, в положение  $\alpha_K$  – конечное [9, с. 95].

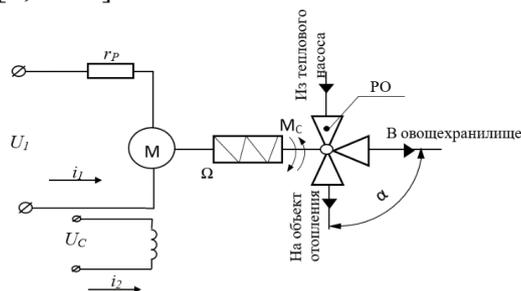


Рисунок 3 – Структурная схема электрического механизма:

РО – трехходовой кран – регулирующий орган;  $\Omega$  – скорость вращения двигателя;  $M_c$  – статический момент;  $r_p$  – резистор;  $U_1$  – подводимое к двигателю напряжение;  $i_1$  – ток в цепи якоря двигателя

Вывод: сохранение урожая в требуемых кондициях в течение длительного промежутка времени может быть реализовано при условии поддержания постоянства температуры микроклимата овощехранилища. В связи с этим возникает задача достижения максимального быстрого действия в системах автоматического регулирования температуры. Решение данной задачи, представленное в статье, позволит минимизировать время перемещения системы из одного положения в другое, что обеспечит более качественное поддержание температуры на одном уровне [10, с. 55].

## Литература

1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления/ В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб. : Профессия, 2004. – 752 с.
2. Ануши, М.И. Анализ способов защиты асинхронных двигателей/ М.И. Ануши, С.Н. Афиногенова, С.О. Фатьянов // Материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2017. – С. 264-265.
3. Ануши, М.И. Сравнительный анализ способов пропитки изоляции обмоток электродвигателей, используемых в производстве сельскохозяйственной продукции/ М.И. Ануши, С.Н. Афиногенова, С.О. Фатьянов // Сб.: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : Материалы XII Международной научно-практической конференции молодых учёных. В 2-х томах. – 2017 – С. 4-12.
4. Евдокимов, Д.М. Применение объемных резонаторов в СВЧ установках при обеззараживании молока на фермах/ Д.М. Евдокимов, С.О. Фатьянов, А.С. Морозов и др. // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 416-421.
5. Макаров, А.Ю. Современные методы и устройства компенсации реактивной мощности/ А.Ю. Макаров, С.О. Фатьянов // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 153-156.
6. Ключко, В.К. Калмановский алгоритм восстановления смазанного радиолокационного изображения/ В.К. Ключко, Е.П. Чураков, С.О. Фатьянов // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2004. – Т. 47. – № 9. – С. 54-59.

7. Лавров, А.М. Оптимизация формы ректального облучателя для лечения животных методом УВЧ-терапии/ А.М. Лавров, С.О. Фатьянов // Сборник научных докладов ВИМ. – 2010. – Т. 1. – С. 544-553.
8. Морозов, А.С. Повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве/ А.С. Морозов, И.И. Садовая, С.О. Фатьянов // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 193-196.
9. Математическое обеспечение задач интерпретации результатов косвенных измерений в спектроскопии/ М.Е. Ильин, А.И. Новиков, С.О. Фатьянов, Е.П. Чураков // Электронное моделирование. – 1991. – № 2. – С. 96-104.
10. Фатьянов, С.О. Априорное гарантирующее оценивание параметров при проектировании алгоритмов управления механическими объектами/ С.О. Фатьянов, К.В. Миронова // Вестник РГАТУ. – 2014. – № 3 (23). – С. 52-56.
10. Войтенко, В.С. Параметрические и программируемые системы управления вентиляцией А-CLIMA/ В.С. Войтенко, С.В. Вендин // Материалы Международной студенческой научной конференции. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – 209 с.
11. Моисеев, П.С. Освещение энергоэффективной теплицы для органического земледелия/ П.С. Моисеев, Р.В. Безносюк // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции 26-27 апреля 2017 г. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 190-193.
12. Совершенствование конструкции гроубоксов/ А.Ю. Мальгина, И.Н. Мальгин, С.А. Уразов и др. // Сб.: Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 46-48.
13. Туркин, В.Н. Зоны свежести камер холодильного оборудования/ В.Н. Туркин, Ю.Н. Пономарева // Материалы 63-й научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2012. – С. 46-48.
14. Туркин, В.Н. Экономическая эффективность адаптивно-динамического режима охлаждения пищевой продукции в холодильных камерах/ В.Н. Туркин, М.В. Поляков // Сб.: Приоритетные направления научно-технического развития агропромышленного России : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2018. – С.73-77.
15. Туркин, В.Н. Расчет экономической эффективности процесса хранения пищевой продукции в холодильнике с адаптивным режимом охлаждения/ В.Н. Туркин, В.В. Горшков // Сб.: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 43-47.
16. Лозовая, О.В. Направление развития технического обеспечения отрасли овощеводства в России/ О.В. Лозовая // Сб.: Качество в производственных и социально-экономических системах : Материалы 8-й Международной научно-технической конференции. – Курск : ЮЗГУ, 2020. – С. 260-264.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ «ПНЕВМОВОРОШАЩЕГО» ВЫСЕВАЮЩЕГО ДИСКА ВАКУУМНОГО АППАРАТА СЕЯЛКИ ТОЧНОГО ВЫСЕВА

Д.В. Ханин<sup>1</sup>, А.Ю. Несмиян<sup>1</sup>, В.И. Хижняк<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментального исследования по обоснованию рациональных значений некоторых параметров «пневмоворошащего» высевающего диска, позволяющих повысить эффективность работы вакуумного высевающего аппарата пропашной сеялки. Установлено, что значимую роль при пневмоворошении семян играет диаметр дополнительных присасывающих отверстий, увеличение которого позволило увеличить частоту единичных подач семян до 95%. Также значимы величина удаленности и значение угла сдвига по фазе дополнительных присасывающих отверстий от основных.

**Ключевые слова:** пропашные культуры, вакуумный высевающий аппарат, сеялка точного высева, кукуруза, пневмоворошение, высевающий диск, рациональные параметры, основные присасывающее отверстие, дополнительные отверстия

**Summary.** The article presents the results of an experimental study to substantiate the rational values of some parameters of the «pneumatic» sowing disc, which make it possible to increase the efficiency of the vacuum seeding apparatus of a row-crop seeder. It was found that a significant role in the pneumatic irrigation of seeds is played by the diameter of additional suction holes, an increase in which made it possible to increase the frequency of single seed feeds to 95%. Also significant are the distance and the value of the phase shift angle of the additional suction holes from the main ones.

**Key words:** row crops, vacuum seeding device, precision seeder, corn, pneumatic irrigation, seeding disc, rational parameters, main suction hole, additional holes

**Введение.** В технологиях возделывания пропашных культур важная роль отводится показателям качества их посева, от которых существенно зависят условия развития растений и потенциал формируемого урожая. При этом соответствие фактической нормы высева семян заданной и равномерность их распределения в борозде в значительной степени определяются показателями качества работы высевающих аппаратов пропашных сеялок (сеялок точного высева), среди которых наибольшее распространение получили вакуумные конструкции [1–5]. В связи с этим совершенствование конструктивно-технологических схем таких аппаратов, определение их рациональных параметров применительно к требуемым режимам работы – актуальная задача, решением которой занимаются специалисты сельхозмашиностроения как в нашей стране, так и за рубежом. На современном этапе технического развития сельского хозяйства можно выделить следующие основные направления работ в данном направлении: повышение захватывающей способности присасывающих отверстий, а соответственно, и возможность повышения производительности аппарата в целом; повышение точности высева (а именно – увеличение числа «единичных» подач семян присасывающими отверстиями, за счет сокращения числа «нулевых» и групповых подач), снижение степени травмирования семян, оптимизация процесса «схода» семян от высевающего диска в борозду и др. [2–6]

Достаточно простым и, в то же время, эффективным способом повышения производительности высевающих аппаратов пропашных сеялок в сочетании с сохранением качества дозирования семян (сохранением необходимой частоты единичных подач или, даже, их увеличением) является ворошение массива семян у высевающего диска за счет воздействия «паразитных» семян, захваченных дополнительно изготовленными в высевающем диске

присасывающими отверстиями – так называемый эффект пневмоворошения семян (ЭПВС) [4, 7, 8].

Исследования эффективности применения ЭПВС находятся на начальной стадии, а рациональные значения параметров основных узлов таких высевальных аппаратов принимаются исходя из общелогических подходов, без достаточного научного обоснования. В связи с этим **целью представленного исследования** является обоснование рациональных значений некоторых параметров «пневмоворошающего» высевального диска, позволяющих повысить эффективность ЭПВС.

**Методика исследования.** Исследование проводилось в лабораторных условиях с использованием вакуумного высевального аппарата сеялки МС-8 (ОАО «Миллеровосельмаш»). Для примера в качестве высевальной культуры принималась кукуруза.

Схема сочетания основных рабочих узлов вакуумного высевального аппарата, в котором используется ЭПВС представлена на рисунке 1.

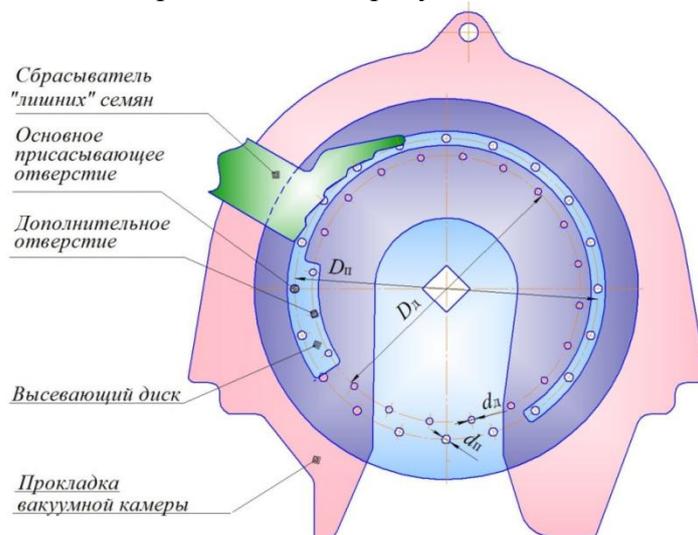


Рисунок 1 – Схема сочетания основных рабочих узлов вакуумного высевального аппарата, в котором используется эффект пневмоворошения семян

В исследовании решались следующие частные задачи: определение рационального значения диаметра дополнительных присасывающих отверстий; определение рационального значения величины удаления дополнительных отверстий от основных; определение рационального значения угла сдвига по фазе дополнительных присасывающих отверстий от основных.

Исследование выполнялось путем реализации трехфакторного эксперимента с использованием соответствующих типовых методик [4, 9]. Исследуемые параметры, их основные значения и уровни изменения представлены в таблице 1. В качестве параметра оптимизации принималось значение частоты единичных подач семян основными присасывающими отверстиями. Показатель определялся на основании визуального анализа данных видеосъемки. Каждое сочетание факторов исследовалось в трех повторностях при прохождении 400 основных присасывающих отверстий. Дополнительные условия проведения исследования: диаметр расположения основных присасывающих отверстий на высевальном диске – 0,15 м; диаметр основных присасывающих отверстий – 0,005 м; частота вращения высевального диска – около 0,6–0,7 с<sup>-1</sup>, что при двадцати дозирующих элементах и заданной норме высева около 4 шт/м примерно соответствует рабочей скорости сеялки около 9 км/ч; количество дополнительных присасывающих отверстий соответствует количеству основных; разрежение в вакуумной камере – 4500 Па.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

| Наименование Фактора  | Уровни факторов |         |         |
|---|-----------------|---------|---------|
|   | нижний          | нулевой | верхний |
|   | -1              | 0       | +1      |
| Диаметр дополнительных присасывающих отверстий, ( $d_d$ , м), $x_1$                                   | 0,003           | 0,004   | 0,005   |
| Радиус расположения дополнительных присасывающих отверстий на высевающем диске (0,5 $D_d$ , м), $x_2$ | 0,120           | 0,126   | 0,132   |
| Угол сдвига по фазе дополнительных присасывающих отверстий от основных, ( $\alpha$ , град.), $x_3$ *  | -6**            | 0       | 6       |

План реализации экспериментального исследования представлен в таблице 2

Таблица 2 – План реализации экспериментального исследования

| Номер Опыта | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $x_1$       | 0 | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | +1 | -1 | -1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| $x_2$       | 0 | -1 | +1 | -1 | +1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | +1 | +1 | -1 | -1 | 0  |
| $x_3$       | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | +1 | -1 | +1 | -1 | 0  | +1 | -1 | +1 | -1 | 0  |

Обработка результатов трехфакторного эксперимента позволила найти значения коэффициентов, входящих в уравнение регрессии, описывающее область исследований. При обработке данных эксперимента по известным методикам была проведена проверка значимости коэффициентов и коррекция уравнения, проверка его адекватности и однородности.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам эксперимента в исследовании было построено уравнение регрессии, дальнейшая обработка которого позволила, в свою очередь, построить графики изолиний равного уровня (рисунки 1–3), анализ которых удобен с точки зрения наглядности интерпретации полученных результатов.

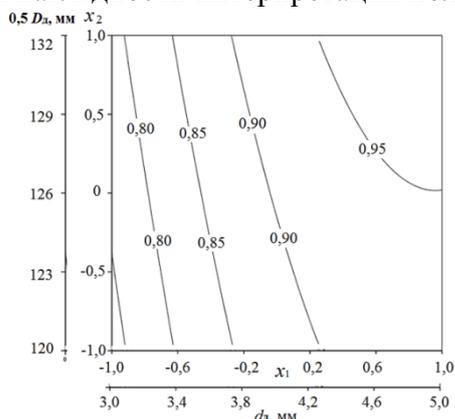


Рисунок 1 – Изолинии параметра оптимизации (частоты единичной подачи семян кукурузы) при «нулевом» уровне смещения дополнительных отверстий относительно основных ( $\alpha = 0$  град)

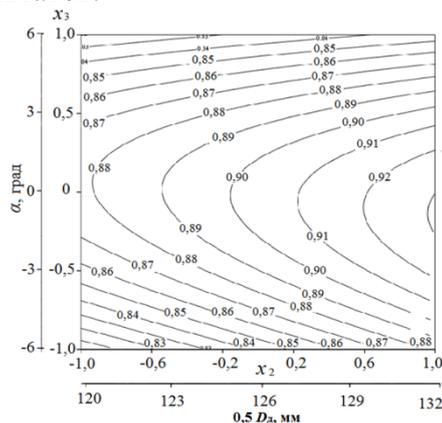


Рисунок 2 – Изолинии параметра оптимизации (частоты единичной подачи семян кукурузы) при «нулевом» диаметре дополнительных отверстий ( $d_d = 0,004$  м)

\* На рисунке 1 не отображен.

\*\* Дополнительные отверстия сдвинуты относительно основных по фазе против направления вращения высевающего диска.

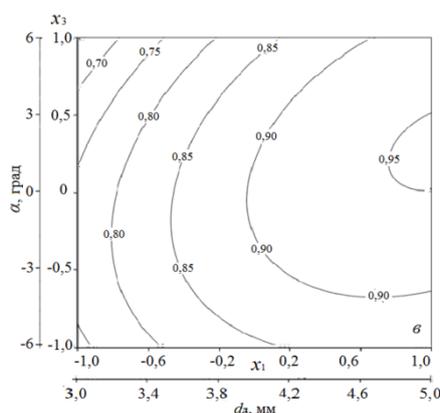


Рисунок 3 – Изолинии параметра оптимизации (частоты единичной подачи семян кукурузы) при «нулевом» радиусе расположения дополнительных присасывающих отверстий на высевальном диске ( $0,5D_d = 0,126$  м)

Анализ графических данных, представленных на рисунках 1–3 позволяет сделать следующие выводы:

1. Наиболее значимым фактором из рассматриваемых является диаметр дополнительных присасывающих отверстий, его увеличение с 3 до 5 мм позволило в среднем увеличить частоту единичных подач семян почти на 20% (с 75 до 95%). Отсюда можно сделать вывод, что диаметр дополнительных отверстий должен быть максимально возможным (равным диаметру основных присасывающих отверстий).

2. Наименее значимый фактор – степень удаленности дополнительных отверстий от основных. При заданных интервалах варьирования его приращение привело к увеличению частоты единичных подач семян примерно на 4...4,5%. Тем не менее, этот фактор значим и оказывает прямое влияние на параметр оптимизации.

3. Наибольшая частота единичных подач семян наблюдалась при примерно «нулевом» радиальном расположении основных и дополнительных присасывающих отверстий (при  $d_d = 0,004$  м). При увеличении значений  $d_d$  до 0,005 м фактор  $\alpha$  следует доводить примерно до трех градусов (смещать дополнительные отверстия относительно основных в направлении вращения высевального диска).

**Заключение.** Применение явления пневмоворошения семян является достаточно простым и, в то же время, эффективным способом повышения производительности высевальных аппаратов пропашных сеялок в сочетании с сохранением качества дозирования посевного материала. Однако исследование данного процесса находится на начальной стадии, а рациональные значения параметров «пневмоворошающих» высевальных дисков принимаются исходя из общелогических подходов, без достаточного научного обоснования. Проведенное экспериментальное исследование позволило заключить, что значимую роль при пневмоворошении семян играет диаметр дополнительных присасывающих отверстий, увеличение которого с 3 до 5 мм позволило в среднем увеличить частоту единичных подач семян почти на 20% (до 95%). Также значима степень удаленности дополнительных отверстий от основных, для повышения эффективности пневмоворошения семян дополнительные отверстия должны располагаться от основных на расстоянии, примерно равном длине присасываемых семян. Кроме того, наибольшая частота единичных подач семян наблюдается при примерно радиальном расположении основных и дополнительных присасывающих отверстий.

## Литература

1. Граф, В. Посев: сеялки точного высева, обзор рынка/ В. Граф // Новое сельское хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 64-69.

2. Должиков, В.В. Совершенствование процесса подачи семян пропашных культур пневмовакuumным аппаратом : дис. ... канд. техн. наук/ В.В. Должиков. – Зерноград, 2013. – 169 с.
3. Киреев, И.М. Исследование распределения семян пневматическим высевальным аппаратом точного посева/ И.М. Киреев, З.М. Коваль // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 6 (264). – С. 12-17.
4. Оптимизация вакуумных высевальных аппаратов пропашных сеялок : Монография/ А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, В.В. Должиков и др. – Зерноград : ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 186 с.
5. Зубрилина, Е.М. Обоснование параметров пневматического аппарата для одновременного посева семян кукурузы и сорго : автореф. ... канд. техн. наук/ Е.М. Зубрилина. – Зерноград, 2002. – 18 с.
6. Дубина, К.П. Оптимизация подачи семян кукурузы дозирующими элементами переменного сечения/ К.П. Дубина // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 2. – С. 86-91.
7. Усовершенствование высевального аппарата сеялки точного посева/ А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, Ф.В. Авраменко, В.В. Должиков // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 1. – С. 9-12.
8. Пат. РФ № 188276. Пневматический высевальный аппарат / Хижняк В.И., Несмиян А.Ю., Нуриев Э.И., Стариков Д.С., Арженовский А.Г. – Оpubл. 04.04.2019; Бюл. № 10.
9. Зубрилина, Е.М. Метод обобщенной оценки при выборе факторов и уровней их варьирования в многофакторном исследовании высевальных аппаратов/ Е.М. Зубрилина, И.А. Маркво, А.С. Журавлев и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13. – № 4. – С. 65-70.
10. Мачкарин, А.В. Оптимизация высевального аппарата для прямого посева/ А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков, А.Н. Макаренко // Сельский механизатор. – 2014. – № 12. – С. 8-9.
11. Булавин С.А. Влияние вибрации на истечение зерна в вибрационном высевальном аппарате/ С.А. Булавин, А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского ГАУ имени императора Петра I. – Воронеж, 2015. – С. 289-292.
12. Пат. РФ № 2127032. Способ посева семян и устройство для его осуществления / Липин В.Д., Шишлов С.А. – Оpubл. 10.03.1999.
13. Пат. РФ № 2041591. Высевальный аппарат / Липин В.Д.– Оpubл. 20.08.1995.
14. Королева, Е.И. Повышение доходности производства зерна за счет применения разбрасывателя минеральных удобрений/ Е.И. Королева, М.В. Поляков, В.Н. Туркин // Сб.: За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества : Материалы Всероссийской молодежной научной конференции: в 4-х томах. – Курск : Курский филиал ФИ при Правительстве РФ, 2020. – С. 151-154.
15. Продажа и технический сервис сеялок в современных условиях/ Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, А.А. Коротков, Ю.В. Якунин // Сборник научных трудов студентов магистратуры ФГБОУ ВПО РГАТУ. – Рязань, 2012. – С. 47-51.

## ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦ 5-ГО ПОКОЛЕНИЯ

*Л.И. Хохлова<sup>1</sup>, Е.П. Паутова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, г. Москва

**Аннотация.** В статье проведен научно-теоретический анализ архитектурно-технологических особенностей промышленных теплиц 5го поколения. Уточнены условия эффективности применения этих теплиц по показателям урожайности различных сельскохозяйственных культур. Определены технологические элементы данных теплиц и основные факторы проектирования конструкций теплиц 5го поколения.

**Ключевые слова:** архитектура, конструкции теплиц, проектирование.

**Summary.** In the article, a scientific and theoretical analysis of the architectural and technological features of the 5th generation industrial greenhouses was carried out. The conditions for the effectiveness of these greenhouses in terms of yields of various crops were specified. The process elements of these greenhouses and the main design factors of the 5th generation greenhouses have been identified.

**Key words:** architecture, greenhouse structures, design.

В настоящее время особое значение для специалистов АПК России представляют теплицы 5-ого поколения системы UltraClima, ModulAIR. Актуальность этих теплиц обоснована тем, что в них модернизирована система технических конструкций и управления агротехнологическими параметрами такими как микроклимат. Такие архитектурно-технологические решения позволяют ликвидировать критические периоды управления термозащитой. Особо это важно в период второй половины мая – конец лета, когда сложно защитить растения от перегрева. Предлагаемые системы позволяют за счет возможности управления ростовыми процессами и развитием растений, повысить урожайность выращиваемых культур, существенно снизить затраты на энергоносителей, значительно повысить рентабельность производства овощей.

Разработка архитектурных конструкций подобных теплиц заключается в том, чтобы определить их эффективность, трудоемкость при возведении и в процессе эксплуатации, необходимость в применении специализированного оборудования для обогрева, полива вентиляции и других технологий возделывания определенных сельскохозяйственных культур. В связи с этим, при проектировании конструкций подобных теплиц целесообразно учитывать факторы [6]:

- максимум поступление солнечного света и качественную защиту от ветра;
- поддержание оптимального микроклимата;
- энергосбережение;
- поддержание необходимого температурного режима на протяжении всего года;
- эффективную планировку территории участка;
- устойчивость к негативным воздействиям извне.

Теплицы на всех этапах сельскохозяйственного производства, согласно Э.А. Алиеву, Н.А. Смирнову [1], В.А. Брызгалов, В.Е. Советкина и Н.И. Савинова [2], являются самым практичным видом культивационных сооружений, где гарантировано получение стабильно высоких урожаев в силу их малой зависимости от погодных условий и возможности искусственного моделирования оптимальных параметров микроклимата в них, управления питанием растений в период вегетации культур.

Использование специальных конструкций, созданных по технологии Ultra-Clima, позволяет выращивать в огромном количестве качественные овощи, зелень, фрукты и др.

На сегодняшний день наиболее современными теплицами считаются «полузакрытые» теплицы так называемого пятого поколения с технологиями типа UltraClima компании KUBO; SuprimAir компании CERTHOM или ModulAIR компании VanderHoeven) [3].

Теплицы 5-ого поколения – инновационные полузакрытые теплицы, построенные по технологии UltraClima. Отличие этих теплиц от всех остальных – наличие специальной зоны ultraclima (рисунок 1), которые служат для создания оптимального микроклимата в теплице.

В свою очередь, в теплицах 4-ого поколения избыточное тепло труб отопления поднимается вверх, уходит через остекление теплицы, а также через форточки на крыше, как и тепло от осветительных ламп.

Архитектурные особенности в теплицах 5-ого поколения (рисунок 2) позволяют направить тепло вверх и затянуть вентиляторами в зону ultraclima через пластиковые рукава, а затем подать снова на обогрев теплицы. В зоне ultraclima имеется клапан, в крайнем верхнем положении он полностью перекрывает подачу воздуха из теплицы и открывает доступ к уличному воздуху. Воздушные фильтры очищают воздух и предотвращают попадание вредителей внутрь теплицы.

Конструкции данных теплиц позволяют учитывать сезонно-климатические факторы. Так, например, в летний период времени при высокой температуре уличного воздуха на адиабатическую панель подается вода и проходящий через неё уличный воздух охлаждается и увлажняется. Из котельной через трубу в зону ultraclima подается углекислый газ и получается идеально сбалансированная воздушная смесь необходимой температуры и влажности, которая подается внутрь теплицы к растениям.

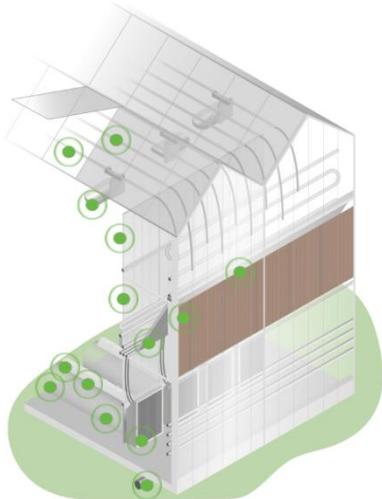


Рисунок 1 – Зона ultraclima в теплицах 5-ого поколения

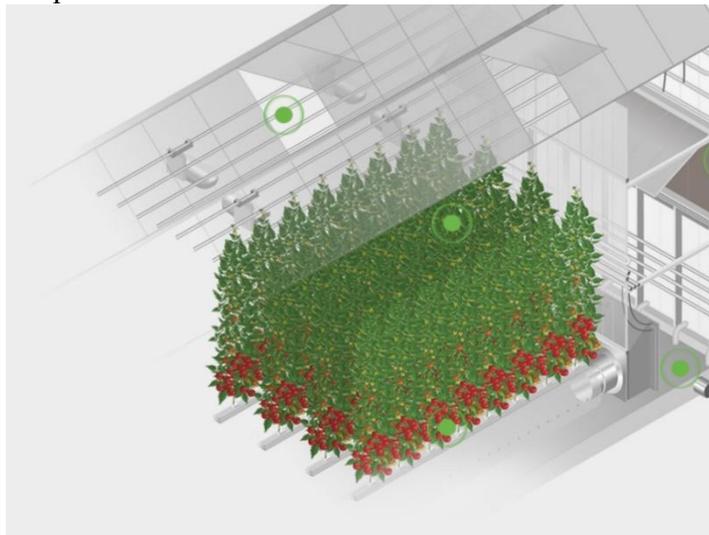


Рисунок 2 – Теплицы 5-ого поколения

В отличие от теплиц 4го поколения, где для охлаждения используется большое количество форточек, в теплицах 5го поколения форточки служат лишь для снижения давления в теплице и их малое количество позволяет экономить тепло, не затеняя растения. В крайнем нижнем положении клапан полностью перекрывает доступ для уличного воздуха, и воздух поступает в зону ultraclima из теплицы - это характерно для холодного времени года, за счет этого достигается значительная экономия энергоресурсов. Осветительные лампы 90% потребляемого электричества преобразуют в тепло, которое в обычных теплицах не участвует в обогреве, так как сразу выходит через остекление теплицы. В теплицах 5-го поколения тепло от ламп поступает на обогрев через зону ultraclima. В зонах ultraclima имеются обогреватели, которые при необходимости дополнительно обогревают воздух, подаваемый внутрь теплицы. Также стоит отметить, что клапан может

занимать промежуточное положение, позволяя смешивать тёплый воздух из теплицы и поступающей свежий воздух с улицы, что особенно важно в весенний период [4].

Таким образом, особенности архитектурных конструкций теплиц 5-го поколения с технологии ultraclima дают неоспоримое преимущество и позволяют существенно повысить урожайность при снижении энергозатрат.

В теплицах Ultra Clima, SuprimAir и аналогичных им (именно 5-го поколения), обычно, получается более эффективно управлять микроклиматом и защитой растений. Энергоэффективность в теплицах 5-ого поколения несколько выше, чем в 4-ом. Но урожайность и качество продукции в лучших тепличных хозяйствах 4-ого поколения в целом ничуть не уступает аналогичным показателям в мощностях 5-ого [4]. При этом инвестиции в запуск теплиц 5-ого поколения выше на 30%. В итоге сроки окупаемости при прочих равных примерно одинаковы и составляют обычно 8–9 лет.

На урожайность овощей напрямую влияет уровень и мощность досвечивания. Это повышает затраты производителя на энергоносители и ведет к росту себестоимости. Именно поэтому искусственное освещение применяют далеко не все производители, а некоторые ограничиваются частичным досвечиванием. Но, в темное зимнее время получить овощи без искусственного освещения в России просто невозможно.

Разница в годовой урожайности одних и тех же овощей в теплицах с досвечиванием и без него доходит до 200%. Главными же преимуществами теплиц 4го и 5го поколений перед теплицами 3го поколения являются не только меньшие энергопотери за счет конструкций, но и возможность четко управлять производственными процессами и полностью контролировать вегетацию растений, считают эксперты [3–5].

Принципиальное же отличие теплиц 5-ого поколения от 4-ого заключается в возможности создания уникального микроклимата по всем необходимым параметрам – температуре, влажности, содержанию CO<sub>2</sub> в зависимости от периодов вегетации, роста, плодоношения культур. Подача подготовленных воздушных масс осуществляется в теплицу через специальные двойные рукава, что позволяет распределить воздух равномерно по всему объему комплекса. Показатели воздухооборота внутри теплиц 5-ого поколения многократно превосходят по своим характеристикам возможности мощностей 4-ого поколения. А в синергии с правильным питанием растений, качественно подготовленными составами, верными программами ассимиляционного освещения, качественной агрономией с минимизацией человеческого фактора за счет работы программного обеспечения система позволяет растениям проявить все свои генетически заложенные ресурсы и показать наивысшие урожаи – огурца свыше 200 кг/м<sup>2</sup>, а томата более 100 кг/м<sup>2</sup> в год [5].

Также, эксперты [5] считают, что нет нужды в полностью закрытой теплице системы форточной вентиляции, системы распределительных воздуховодов под подвесными лотками, системы испарительного охлаждения и увлажнения воздуха, системы подачи CO<sub>2</sub>.

Кроме того, [4; 5] предложено модернизировать систему отопления, заменив дорогостоящие котельную, тепломагистрали и баки-аккумуляторы на использование комбинированной трубо-воздушной системы отопления, в которой базовую роль будут выполнять маломощные котлы пульсирующего горения российского производства с КПД до 95%. Эксперты уверены, что это позволит существенно снизить стоимость капитальных затрат, а также монтажных работ.

Однако, при этом в отдельных проектах целесообразно использовать конструкции 4-го поколения, в других 5-ого поколения.

На основе результатов научно-системного анализа к архитектурным особенностям конструкций теплиц 5-го поколения можно отнести следующие:

- технология системы контроля микроклимата;
- наличие адиабатической панели;
- наличие двойного рукава для распределения воздуха по теплице;
- кондиционер для эффективной циркуляции воздуха.

Таким образом, обобщая вышесказанное, процесс проектирования и разработки конструкций теплиц пятого поколения осуществляется в соответствии с исходными требованиями конкретного заказчика.

Вывод, в ближайшее время следует ожидать значимых изменений в технологическом и экономическом плане в конструкции промышленных теплиц 5-ого поколения, которые с одной стороны позволят существенно увеличить объемы производства овощей во внесезонный период, а с другой – необходимость разработки новой технологии, учитывающей модернизацию в новой теплице.

## Литература

1. Алиев, Э.А. Технология возделывания овощных культур и грибов в защищенном грунте/ Э.А. Алиев, Н.А. Смирнов. – М. : изд. Агропром, 1987. – 351 с.
2. Брызгалов, В.А. Овощеводство защищенного грунта/ В.Е. Советкина, Н.И. Савинова и др. – М. : изд. Колос, 1995. – 351 с.
3. Гиш, Р.А. Модернизация и совершенствование управления параметрами микроклимата – основа поколения/ Р.А. Гиш, Е.Н. Карпенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 123. – С. 1929-1951.
4. Теплицы 5-го поколения (Ultra Clima). – Режим доступа: <https://yandex.ru/video/preview/?filmId=16798329520461231088&from=tabbar&parent-reqid=1606914472467772-1345778431483583621300164-prestable-app-host-sas-web-yp-92&text=теплица+последнего+поколения>
5. Технологии, приносящие плоды. Какие новинки внедряются в тепличном овощеводстве | Экономика | Селдон Новости (myseldon.com). – Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/235078368>
6. Особенности подготовки к функционированию тепличного комплекса. – Режим доступа: <http://www.kremlinrus.ru/article/1064/131943/>
7. Моисеев, П.С. Освещение энергоэффективной теплицы для органического земледелия/ П.С. Моисеев, Р.В. Безносок // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции 26-27 апреля 2017 г. – Рязань : РГАТУ, 2017. – С. 190-193.
8. Совершенствование конструкции гроубоксов/ А.Ю. Мальгина, И.Н. Мальгин, С.А. Уразов и др. // Сб.: Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 46-48.
9. Морозова, Л.А. Цифровые технологии в области земледелия/ Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 274-278.
10. Морозова, Л.А. Точное земледелие как фактор цифровизации отрасли растениеводства/ Л.А. Морозова, Л.В. Черкашина, Л.В. Романова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 278-283.
11. Овощеводство/ М.С. Пивоварова, А.В. Добродей, О.А. Захарова и др. – Рязань, 2006. – Часть 1. – Том 1. – 175 с.
12. Захарова, О.А. Бинарная лекция по овощеводству как инновационный прием в учебном процессе/ О.А. Захарова // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 122-125.

## ЭЛЕКТРОМОБИЛИ В 21 ВЕКЕ. ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ, ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

*А.А. Худяков<sup>1</sup>, Т.П. Чепикова<sup>2</sup>, С.Н. Красильников<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ЧТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», г. Чайковский

<sup>2</sup> СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», г. Сарапул

<sup>3</sup> ЧФ (филиал) ФГБОУ ВО ПНИПУ, г. Чайковский

**Аннотация.** Рассмотрены причины снижения и возрождения спроса на электромобили в свете их основных преимуществ и недостатков. Приведена статистика продаж электромобилей. Рассмотрены проблемы и перспективы развития и распространения в России.

**Ключевые слова:** электромобили, преимущества, недостатки, статистика продаж, проблемы развития.

**Summary.** The reasons for the decline and revival of demand for electric vehicles in the light of their main advantages and disadvantages are considered. Statistics on sales of electric vehicles are provided. Problems and prospects of development and distribution in Russia are considered.

**Key words:** electric vehicles, advantages, disadvantages, sales statistics, development problems.

Пик производства электромобилей пришелся на 1912 году, во втором десятилетии 20 века электромобили широко использовались для пассажирских перевозок. Затем произошел спад в производстве и использовании электромобилей. Это объясняется несколькими факторами.

Первым фактором стало строительство в США и других развитых странах мира к 20-м годам 20 века дорог достаточно хорошего качества, что вызвало спрос на транспортные средства, приспособленных к преодолению больших расстояний без дозаправки или дозарядки.

Второй фактор – открытие многочисленных месторождений нефти, что существенно снизило цены на «жидкое» топливо и сделало автомобили с бензиновым двигателем более доступными.

Третий фактор – изобретение Чарльзом Кеттерингом в 1912 году электрического стартера, позволяющего запускать бензиновый двигатель без кручения ручки.

И четвертый фактор – массовое производство автомобилей Генри Фордом существенно снизило стоимость на них в диапазоне \$500...\$1 000 за машину. В то время как цена на электромобили, напротив, продолжала расти. К примеру, в 1912 году электрический родстер стоил \$1 750, а аналогичный бензиновый автомобиль – всего \$ 650.

Однако мысли об электрической тяге вернулись в 1960-е годы с растущей заботой об окружающей среде и состоянии нашей планеты. А в 1970-е годы из-за резкого роста цен на ископаемое топливо в результате энергетических кризисов.

Но после 1982 года резкое изменение конъюнктуры на нефтяном рынке и низкие эксплуатационные показатели опытных партий из-за недостатков химических источников энергии вновь привели к снижению спроса на электромобили.

В 1996 году с конвейера сошел первый серийный электрокар, разработанный компанией General Motors. Однако, случилось это не из-за желания автопроизводителя или требований рынка, а вновь по экологическим проблемам.

**Преимущества электромобилей в 21 веке**

### 1. Экономичность

Подзарядка аккумуляторов обходится дешевле, чем заправлять машину бензином на тот же километраж.

### 2. Экологичность

По утверждениям современных производителей электромобилей, главным преимуществом таких машин является высокая экологичность, поскольку работающий двигатель не выделяет никаких вредных газов или других веществ, не использует антифризы, нефтепродукты, масла — как моторные, так и трансмиссионные. Следовательно, сам по себе электромобиль окружающую среду не загрязняет.

Но, следует учесть, каким образом вырабатывается электрическая энергия при работе электромобиля. Идеально, если эту энергию производить из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), чтобы воздействие на окружающую среду было минимальным. Увы, пока в России ВИЭ развивается не слишком стремительно. Так что загрязнение атмосферы Земли все же происходит, но не при работе электромобиля непосредственно, а электростанциями, вырабатывающими энергию для зарядки автомобильных аккумуляторов электромобилей [1].

### 3. Бесшумность

Важное преимущество электромобиля – тишина в салоне. К тому же электродвигатель гарантирует плавный разгон, при этом он может дать большое ускорение.

### 4. Безопасность

Электромобили довольно безопасны на дороге. Они проходят те же процедуры тестирования, что и аналоги с ДВС [2]. Также сейчас появляются технологии беспилотных автомобилей, но действительно массово применима она будет ещё не скоро. Однако при дорожно-транспортном происшествии возможно повреждение батарей, что приводит к страшным последствиям.

### 5. Стоимость (в отдельных случаях)

Хотя цена на электромобиль выше бензиновых аналогов, он зато имеет более низкую стоимость обслуживания.

Себестоимость создания электромобилей с развитием технологий уменьшается. Именно стоимость может стать определяющим фактором для успеха электромобилей в будущем, когда их цена, при прочих равных условиях, будет намного заманчивей.

В некоторых регионах электромобиль не облагается налогом.

### 6. Эргономичность

Электрокар удобен в эксплуатации. С ним не нужно ездить на АЗС, можно «заправить» дома. Как правило, он занимает немного места: легко припарковаться, развернуться, экономия квадратных метров в гараже.

### 7. Популярность

Заботиться об окружающей среде – необходимость современного мира. Для тех, кто не готов пересесть с авто на велосипед или ходить пешком, электромобиль становится модной альтернативой.

### 8. Технические показатели

Современные электромобили обладают очень высокими ходовыми качествами. Так, например, показатели разгона, по сравнению с бензиновыми автомобилями, значительно выше. Еще одна важная особенность электрокаров – в сущности отсутствие ТО: оно производится раз в 30 тыс. км, включает в себя осмотр основных узлов и замену салонного фильтра. Не требуется смена масла в двигателе, сведено к минимуму количество расходных элементов. Значительно дольше, чем на автомобилях с ДВС, служат тормозные колодки на электромобилях. Объясняется это тем, что в обычных условиях происходит рекуперативное торможение.

## **Недостатки электромобилей в 21 веке**

### 1. Зарядка автомобиля.

Если учесть, что в стране не развита инфраструктура общественных автозарядок, полная зарядка электробатареи длится до 10 часов. Конечно, удобно зарядить дома или во время работы, но если экстренно понадобится выехать, автомобиль может подвести.

#### 2. Обслуживание батарей и замена батарей.

Срок действия батареи рассчитан на 3...10 лет, спустя это время требуется замена, что стоит довольно дорого. Чтобы батареи прослужили дольше, необходима «правильная» эксплуатация электромобилей и соблюдение правил хранения.

#### 3. Короткий пробег и ограниченная скорость.

Основной недостаток электромобилей – сравнительно небольшой запас хода. Самые лучшие результаты массовых электрокаров на средней скорости – 400...500 километров без подзарядки, а для большинства электромобилей километраж без подзарядки еще меньше – от 160 до 240. Вследствие этого, электромобили малоприспособны для дальних поездок, особенно при отсутствии необходимой инфраструктуры.

#### 4. Количество посадочных мест.

Многие электромобили предназначены для перевозки двух человек, поездка 3-х и более человек может быть уже некомфортной. Однако, с недавних пор появляется все больше семейных электромобилей.

#### 5. Стоимость.

Всё же стоимость пока что больше относится к недостаткам, так как производителям нужно окупать инвестиции в развитие технологий.

#### 6. Утилизация батарей.

Утилизация батарей электромобилей весьма трудоёмка и может навредить окружающей среде.

#### 7. Непригодность при низких температурах

При низких температурах заряд батарей стремительно снижается, а также увеличивается расход за счёт работы отопления.

#### **Проблемы развития в России**

- ограниченное количество ресурсов и производителей батарей;
- отсутствие и дороговизна необходимой инфраструктуры;
- скорость и качество развития технологий;
- недостаточный уровень внимания к экологической проблеме со стороны государства и граждан;
- отсутствие поддержки со стороны государства автомобильных концернов и покупателей;
- сравнительно доступная цена ископаемого топлива;
- неготовность российских автопроизводителей к производству электромобилей;
- менталитет.

#### **Статистика продаж**

Рост продаж в 2018 году составил 64%, продано было электромобилей и подзаряжаемых гибридов на 791 тысячу 130 штук больше в сравнении с 2017 годом.

По численности электромобилей в мире по итогам 2019 года был установлен абсолютный рекорд – почти на 2 миллиона электромобилей больше в сравнении с 2018 годом. Лидером в 2019 году остался Китай, где зарегистрировано 3,8 миллиона машин на электрической тяге. Это более чем в 2 раза превосходит аналогичный показатель для США. Чемпионами продаж в Китае являются три автопроизводителя: GAC, Hawtai, Tesla.

В первом квартале 2020 года последующая вспышка пандемии коронавируса привела к снижению закупок электромобилей на 25%.

Несмотря на это, «спрос на электромобили снова, как ожидается, вырастет, согласно Bloomberg New Energy Finance (BNEF), который рассматривает улучшенные батареи, более легкодоступную инфраструктуру зарядки, новые рынки и ценовой паритет с ДВС в качестве основных драйверов. Исследование показало, что достигнет 10%

мировых продаж легковых автомобилей к 2025 году, увеличившись до 28% в 2030 году и 58% в 2040 году».

Статистика продаж электромобилей в России:

По данным Автостата на 1 июля 2020 года в России было зарегистрировано 7925 легковых электромобилей. Если в августе 2019 года был продано 50 новых электромобилей, то в августе 2020 года – 81 штука. Согласно статистике наибольшим спросом у потребителей пользуются модели Nissan Leaf (эта модель лидировала по продажам в 2019 году – около 90% продаж) и Tesla. Но лидером продаж стал новый кроссовер Audi e-tron (29 штук), который только появился на российском рынке.

Рынок электротранспорта России значительно отстаёт от мирового, хотя аналитики прогнозируют рост российского рынка в ближайшие годы. По прогнозу PwC, в 2017...2025 годах в России объёма продаж электромобилей увеличится на 20%, и даже по пессимистичному сценарию произойдет хоть и небольшое, но все-таки увеличение продаж на 6% [3, 4, 5, 6].

В ежегодном обзоре World Oil Outlook от ОПЕК сообщается, что через 25 лет доля электромобилей в общем количестве машин в мире достигнет 16,5%.

Мэр Москвы Собянин С. сообщил, что к 2030 году запланировано заменить весь топливный городской транспорт на электробусы. А уже с 2021 года власти столицы прекратят покупать транспорт на дизельном топливе в автоколонны автобусов.

Создание и поддержка инфраструктуры для электромобилей, поддержка от государства, повышение спроса среди населения, стимуляция отечественных производителей – это основные задачи для развития электромобилей в России и мире.

**Подводя итоги**, несомненно, электромобили – это наше будущее. Поэтому необходимо уже сейчас начинать развиваться в данном направлении.

Статистика продаж подтверждает, что электромобили с каждым годом обретают всё большую популярность. Это связано с уменьшением стоимости электромобилей и их содержания, напряжённой экологической обстановкой, повышением ходовых качеств и других преимуществ электрокаров перед автомобилями с ДВС.

## Литература

1. Германюк, Г.Ю., Максименкова, Л.А. Химия. Экология. Урбанистика/ Г.Ю. Германюк, Л.А. Максименкова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. – С. 33-37.
2. Безопасность жизнедеятельности/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько и др. – Рязань : ИП «Жуков В.Ю.», 2018. – 326 с.
3. Бачурин, А.Н. Перспективы применения биотоплива на автотракторной технике/ А.Н. Бачурин, В.М. Корнюшин // В сборнике научных трудов студентов магистратуры ФГБОУ ВПО РГАТУ. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 24-30.
4. Корнюшин, В.М. Газ – топливо, ухудшающее экологию/ В.М. Корнюшин // Автомобильная промышленность. – 2007. – № 9. – С. 11-12.
5. Колганов, С.С. Этиловое билотопливо как альтернатива для двигателей с искровым зажиганием/ С.С. Колганов, В.М. Корнюшин // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2016. – № 1. – С. 226-231.
6. Анализ способов применения биологических видов топлива в дизельных двигателях/ С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, А.А. Иванов // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 3 (35). – С. 84-88.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КОМБИКОРМОВ

*А.Д. Чернышев<sup>1</sup>, М.Ю. Костенко<sup>2</sup>, Р.В. Безносюк<sup>2</sup>, Г.К. Рембалович<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического Университета,  
г. Рязань

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

**Аннотация.** В данной статье проанализированы современные способы хранения комбикормов. Рассмотрен способ хранения в регулируемой газовой среде.

**Ключевые слова:** хранение, комбикорм, потери.

**Summary.** This article analyzes modern methods of storing compound feed. The method of storage in a controlled gas environment is considered.

**Key words:** storage, feed, losses.

При использовании традиционных методов хранения компонентов комбикормов появляется негативный фактор: контакт кислорода из окружающего воздуха с хранимым продуктом. В результате этого начинают происходить активные окислительные процессы, что влечет за собой значительные потери таких важных элементов, как жиры, каротин, протеин, витамины и т.д. Чтобы исключить воздействие кислорода на продукт хранения разработан способ заготовки комбикормов – хранение в регулируемой газовой среде (окиси углерода, азота, диоксида углерода). Испытание этого метода за рубежом показал, что хранение в бескислородной среде значительно сокращает потери каротина, что замедляет все окислительные процессы [1, 2].

Современные элеваторы состоят из металлического корпуса с комплексом основного и вспомогательного оборудования. Один из постоянных элементов оборудования металлических элеваторов является станция РГС. Это комплекс основного и вспомогательного оборудования, который позволяет создать и поддерживать РГС заданного состава в силосах элеватора. Немаловажным при построении станции РГС являются ее параметры. Для наглядности приведем сравнение нескольких РГС систем, представленных в таблице.

В состав основного оборудования станции РГС входят три генератора ГНС2А, из которых два являются рабочими, а один резервный [3, 4, 5]. Вспомогательное оборудование представлено следующими элементами:

- система газозвухоснабжения;
- система водоснабжения;
- канализация;
- система доставки РГС от станции до силосов элеватора.

Таблица 1 – Параметры РГС систем.

| Параметры              | РГС-3 | РГС-5 | РГС-10 | РГС-25 | РГС-50 | РГС-75 | РГС-100 |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Вместимость, куб.м.    | 3     | 5     | 10     | 25     | 50     | 75     | 100     |
| Давление рабочее       | налив |       |        |        |        |        |         |
| Внутренний диаметр, мм | 1 400 | 1 600 | 2 200  | 2 760  |        | 3 000  |         |
| Длина, мм              | 2 550 | 2 785 | 3 335  | 4 990  | 10 100 |        | 14 400  |
| Ширина, мм             | 1 700 | 1 800 | 2 400  | 3 000  |        | 3 435  | 3 440   |

*Продолжение таблицы 1*

|                                  |       |       |       |       |       |       |        |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Высота (при транспортировке), мм | 1 955 | 2 050 | 2 650 | 3 400 |       | 3 650 |        |
| Толщина корпуса/днища, мм        | 4/6   | 4/8   |       |       |       | 6/12  |        |
| Масса, кг                        | 1 400 | 1 540 | 2 520 | 4 340 | 5 880 | 7 640 | 11 900 |

Контроль над работой систем, поддержание заданного газового режима в силосах элеватора производят с помощью пульта. Производят комплекс мероприятий для контроля режимов работы силосов:

- анализ состава РГС, который вырабатывается генератором и создается в силосах при формировании и восстановлении;
- ежедневный контроль состава РГС в силосах после периодов естественного газообмена;
- управление величиной давления РГС на выходе из генератора и в силосах при формировании и восстановлении;
- устанавливание характера и величины изменения давлений в силосах в течение периода естественного газообмена
- определение степени герметичности силосов перед и после их загрузки гранулами.

Для хранения кормовых продуктов были разработаны различные способы создания регулируемой газовой среды с низким содержанием кислорода. Специальные устройства позволяют регулировать газовый состав (количество азота, кислорода и углекислого газа), который зависит от объекта хранения, времени года и других факторов.

Получить РГС, применяемых для хранения кормовых продуктов, можно с помощью трех способов. При этом режимы работы установок во время хранения в РГС изменчивы и выражаются периодами формирования и поддержания РГС в элеваторах.

**Первый способ.**

Воздух вытесняется из элеваторов чистым азотом. В работе используется сжиженный или газообразный азот, изготавливаемый промышленностью. При использовании газообразного азота необходимо прокладывать трубопровод. А устройство элеватора дополняют специальным регуляторным узлом. Благодаря этому поддерживаются постоянное давление и расход азота, проходящего через трубопровод в элеватор.

На практике чаще используется сжиженный азот. Для обеспечения работоспособности такого вида элеватора его дополняют надземными или подземными резервуарами, в которых хранится сам газ. По причине того, что отсутствует место в силосах для установки специальных испарителей, которые преобразуют азот из жидкой фазы в газообразную, его подача в элеватор с РГС из подземных или надземных резервуаров не всегда исполнима. Его переход из одного агрегатного состояния в другое осуществляют специальные механизмы – регазификаторы (располагаются около резервуаров со сжиженным азотом). Для безопасности резервуары оборудуют регуляторами и приборами, которые постоянно поддерживают значения расхода, давления испаренного газообразного азота, проходящего через трубопровод в элеваторы. Доставка газа к элеватору производится в железнодорожных цистернах или специально оборудованных автоцистернах.

**Второй способ.**

В течение последних 10-15 лет в России и за рубежом применяется еще один способ получения РГС типа УРГС. Кислород выжигается из атмосферы элеватора с помощью природного или сжиженного газа в специальных генераторах типа ГНС. Топливо сжигают на специальных катализаторах, затем продукты сгорания охлаждаются до заданной температуры в водяных холодильниках. Значительным достоинством данного способа является практически полное отсутствие вредных примесей, поэтому он может применяться

для хранения не только комбикормов, но и продуктов питания (фрукты, овощи и т.д.). Расход топлива для хранения в РГС невелик.

Для изменения концентрации кислорода и углекислого газа в силосе производится пуск генератора и его настройка на заданный режим. Это позволяет снизить уровень концентрации кислорода с 21 до 1–3%, а содержание углекислого газа увеличивается до 10–13%. Для сокращения времени формирования РГС в силосе необходимо получить наименьшую концентрацию кислорода на выходе из генератора.

После сжигания в подобных генераторах сжиженного газа и дальнейшим охлаждением продуктов горения получается газовая смесь, он состоит из 86–88% азота, 11–13,5% диоксида углерода и 0,5–1% кислорода.

Консервирование продукта происходит путем нагнетания этой смеси в металлические силосы. Например, потеря каротина в гранулированной травяной муке в силосах при хранении в атмосфере с обычным составом составит 35,6%, а в условиях бескислородной среды – 6%.

В подобной РГС хранят компоненты комбикормов, жиры и некоторые другие продукты. Это позволяет практически полностью сохранить питательные вещества в течение 5–9 месяцев. Комбикорм и многие его компоненты являются недолговечными продуктами. Сроки их хранения, указанные в государственных стандартах, укладываются в основном в один-два месяца со дня выработки. Большие сроки (до 6 месяцев) допускаются для комбикормов, предназначенных для отправки в районы Крайнего Севера.

Исследовательским путем было получено, что в сравнении со скоростью ветра, барометрическим давлением температура наружного воздуха является решающим фактором влияния на состав РГС в силосе. Например, при понижении температуры наружного воздуха происходит охлаждение и уменьшение объема РГС в наружном слое силоса. В результате образования некоторого вакуума внутри насыпи воздух начинает проникать в силос через неплотности, имеющиеся в ограждающих конструкциях. Его количество зависит от величины степени герметичности силоса (величина вакуума и площадь фильтрации).

Требования к оборудованию создания РГС.

- избыточное давление РГС в бункерах поддерживается в пределах 0,3–3,0 кПа;
- сопротивление газопроводов разводки РГС не должно превышать 3,0 кПа (берется расстояние от оборудования создания газовых сред до самого дальнего бункера);
- концентрация кислорода в РГС в бункере оборудования должна быть менее 3%;
- при сроке хранения 6 месяцев удельный расход РГС должен быть менее 6 м<sup>3</sup>/т;
- расход топлива для образования 1 м<sup>3</sup> РГС не должен быть более: 0,040 м<sup>3</sup> сжиженного газа и 0,112 м<sup>3</sup> природного газа;
- электропитание происходит от сети трехфазного тока с глухим заземлением нейтралью номинальным напряжением 380/220 В, частота 50 Гц, для экспортируемого оборудования 50 или 60 Гц, согласно требованиям заказчика;
- коэффициент технического использования – не менее 0,95.
- количество несгранулированного корма не более 6% по массе.
- при сроке хранения 6 месяцев сохранность каротина должна быть больше 90%;
- температура корма во время хранения в РГС не должна повышаться более 30°С.

## Литература

1. Обоснование прочности пленки контейнера для приготовления и хранения силоса/ Я.Л. Ревич, Г.К. Рембалович, Р.В. Безносюк и др. // Сельский механизатор. – 2016. – № 11 – С. 24-25.
2. Проблемы сохранности силоса в мягкой вакуумированной таре/ Г.К. Рембалович, И.Ю. Багданчиков, Р.В. Безносюк и др. // Сельский механизатор. – 2016. – № 11 – С. 26-27.
3. Проблемы сохранности в мягкой вакуумированной таре/ Г.К. Рембалович, И.Ю. Багданчиков, Р.В. Безносюк и др. // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 26-27.

4. Влияние параметров зеленой массы на приготовление силоса в мягких вакуумированных контейнерах/ Р.В. Безносюк, И.Ю. Богданчиков, М.Ю. Костенко и др. // Вестник РГАТУ. – № 4 (32). – 2016. – С. 69-72.

5. Контроль плотности зеленой массы при силосовании в мягких вакуумированных контейнерах/ Р.В. Безносюк, И.Ю. Богданчиков, Л.Н. Лазуткина и др. // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции 12 декабря 2016 г. – Рязань : РГАТУ. – 2016. – С. 18-22.

6. Биология с основами экологии/ С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин и др. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 368 с.

УДК 544.018:631.3-049.32

## УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ХРОМИРОВАНИЯ

*Д.Г. Чурилов<sup>1</sup>, И.С. Аранов<sup>1</sup>, Г.К. Рембалович<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ

**Аннотация.** Ремонт деталей требует определенных вложений. Эксплуатационные расходы снижаются, если детали подвергнуть предварительному упрочнению при изготовлении или при ремонте после определенного износа. При этом особое место занимает процесс химического и электролитического нанесения покрытий, позволяющий повысить долговечность деталей в 2–4 раза.

**Ключевые слова:** хромирование, электролиты, гуминовые кислоты, фульвокислоты.

**Summary.** Repair of parts requires certain investments. Operating costs are reduced if the parts are subjected to pre-hardening during manufacture or during repair after a certain wear and tear. At the same time, a special place is occupied by the process of chemical and electrolytic coating, which allows to increase the durability of parts by 2-4 times.

**Key words:** chrome plating, electrolytes, humic acids, fulvic acids.

При восстановлении деталей хромированием стоимость деталей примерно на 25-30% ниже новых. Введение в электролит для осаждения наноматериалов обладающих высокой поверхностной активностью и адгезией повышают износостойкость таких покрытий и коррозионную устойчивость в агрессивных средах.

Таблица 1 – Повышение износостойкости некоторых деталей в результате восстановительного ремонта хромированием

| Детали и узлы  | Повышение износостойкости, раз |
|--|--------------------------------|
| Цилиндры двигателей                                      | 2-4                            |
| Поршневые кольца   | 2-4                            |
| Толкатели  | 1,5-3                          |
| Стержни клапанов   | 3-4                            |
| Кулачки и шейки распределительного вала                  | 3-4                            |
| Поршневые пальцы   | 1,1-2.7                        |
| Шейки коленчатого вала                                   | 3-6                            |
| Посадочные места под подшипники                          | 5-7                            |
| Шипы крестовин карданных валов                           | 2-4                            |
| Пальцы гидроамортизаторов автомобилей и гусеничных машин | 7-9                            |

Разработка таких технологий, составов электролитов, режимов нанесения и последующей обработки покрытий для использования на ремонтных сервисных предприятиях является актуальной задачей [1, 2, 3]. При разработке технологий хромирования уделяется внимание экологической составляющей, так как в основном используется канцерогенное вещество – CrO<sub>3</sub>. В связи с этим разрабатываются технологии нанесения покрытий хромом в растворах с его пониженной концентрацией с сохранением высокого выхода по току хрома, кроющей способности, износостойкости восстанавливаемых изношенных деталей. Акцент при разработке процессов хромирования в малоцентрированных электролитах делается на использование модификаторов, легирующих добавок (Ni, Ti, W, V и др.), а также их карбидов, нитридов, боридов, силицидов, режимах поляризации.

На данный момент отрабатывается методика нанесения композиционных твердых покрытий с добавлением ультрадисперсных порошков. Для опытов предполагается использовать железо с углеродом, оксид хрома, цинк. Были проведены опыты по электролитическому нанесению хрома на часть кузовной панели, на которую нанесена мелкосекционная матрица из пластмассы, напечатанная на 3D принтере. Анализ поверхности после хромирования выполнен в Московском институте стали и сплавов. Нами было замечено, что эффективность действия модификаторов на качество поверхности хромируемых деталей снижается при использовании в электролитах природной воды, содержащей водорастворимые органические вещества почв [4, 5, 6].

Следует отметить, что электролиты хромирования весьма чувствительны к наличию посторонних органических примесей, т.к. снижается эффективность использования блескообразователей, ухудшается качество покрытий, нарушаются технологии осаждения. Это требует внимания к качеству воды, идущей на приготовление электролитов хромирования, в том числе природной воды [2].

Нами предложена технология очистки воды от органических соединений в несколько стадий. Было определено, что в качестве финишной очистки следует использовать смесь катионитов КУ-2-8 и анионов АВ-17-8, что позволяет добиться очистки воды порядка 90%.

Таблица 2 – Состав воды после финишной катион, анионной обработки, что соответствует дистиллированной воде.

| Наименование показателей   | Норма             |
|--|-------------------|
| 1. Остаток после выпаривания, мг/л, не более                     | 5                 |
| 2. Остаток после прокаливания, мг/л, не более                    | 1                 |
| 3. Аммиак и аммонийные соли, мг/л, не более                      | 0,02              |
| 4. Нитраты, мг/л, не более                                       | 0,2               |
| 5. Сульфаты, мг/л, не более                                      | 0,5               |
| 6. Хлориды, мг/л, не более                                       | 0,02              |
| 7. Алюминий, мг/л, не более                                      | 0,05              |
| 8. Железо, мг/л, не более  | 0,05              |
| 9. Кальций, мг/л, не более                                       | 0,8               |
| 10. Медь, мг/л, не более   | 0,02              |
| 11. Свинец, мг/л, не более                                       | 0,05              |
| 12. Цинк, мг/л, не более   | 0,2               |
| 13. Вещества восстанавливающие $KmnO_4$ , мг/л, не более         | 0,08              |
| 14. pH воды  | 5,4-6,6           |
| 15. Удельная электрическая проводимость при 20°C, См/м, не более | $5 \cdot 10^{-4}$ |

При этом метод получения хромированием и железнением гальванопокрытий сплавами из малоцентрированных электролитов на основе специально подготовленной

природной воды, из которой извлечены водорастворимые органические вещества почв (фульвокислоты) дает более качественные и износостойкие покрытия [7, 8, 9].

Качество воды должно строго регламентироваться, оно зависит от Натрионирования, коагулирования, деминерализации, дистилляции, электродиализа. Для использования воды необходимо проводить ее обезжелезивание, осветление, деминерализацию, умягчение, обескремнивание [8, 9]. Для этого, в основном широко используется ионообменная технология очистки вод от примесей на высокополимерных синтетических смолах. Максимум эффективности очистки достигается комбинированием ионного обмена с мембранными технологиями. А максимальное отравляющее действие на мембраны и ионообменные смолы оказывают водорастворимые гумусовые вещества – гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК).

Таблица 3 – Вода для гальванического производства и схемы промывок

| Наименование показателя   | Норма для категории |                    |                    | Метод испытания           |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
|   | 1                   | 2                  | 3                  |                           |
| Водородный показатель   | 6,0-9,0             | 6,5-8,5            | 5,4-6,6            | Измеряют на рН-метре      |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> , не более  | 1000                | 400                | 5,0                | ГОСТ 18164                |
| Жесткость общая мг-экв/дм <sup>3</sup> , не более                                       | 7,0                 | 6,0                | 0,35               | ГОСТ 4151                 |
| Мутность по стандартной шкале, мг/дм <sup>3</sup> , не более                            | 2,0                 | 1,5                | -                  | ГОСТ 3351                 |
| Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup> , не более                | 500                 | 50                 | 0,5                | ГОСТ 4389                 |
| Хлориды (Cl), мг/дм <sup>3</sup> , не более   | 350                 | 35                 | 0,02               | ГОСТ 4245                 |
| Нитраты (NO <sub>3</sub> ), мг/дм <sup>3</sup> , не более                               | 45                  | 15                 | 0,2                | ГОСТ 18826                |
| Фосфаты (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup> , не более                 | 30                  | 3,5                | 1,0                | ГОСТ 18309                |
| Аммиак, мг/дм <sup>3</sup> , не более   | 10                  | 5,0                | 0,02               | ГОСТ 4192                 |
| Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup> , не более  | 0,5                 | 0,3                | -                  | По действ. методикам      |
| Химическая потребность в кислороде, мг/дм <sup>3</sup> , не более                       | 150                 | 50                 | -                  | По действ. методикам      |
| Остаточный хлор, мг/дм <sup>3</sup> , не более  | 1,7                 | 1,7                | -                  | ГОСТ 18190                |
| Поверхностно активные вещества (анионных и неионогенных), мг/дм <sup>3</sup> , не более | 5,0                 | 1,0                | -                  | По действ. методикам      |
| Ионы тяжелых металлов, мг/дм <sup>3</sup> , не более                                    | 15                  | 5,0                | 0,4                |                           |
| Железо  | 0,3                 | 0,1                | 0,05               | ГОСТ 4011                 |
| Медь  | 1,0                 | 0,3                | 0,02               | ГОСТ 4388                 |
| Никель  | 5,0                 | 1,0                | -                  | По действ. методикам      |
| Цинк  | 5,0                 | 1,5                | 0,2                | ГОСТ 18293                |
| Хром (III)  | 5,0                 | 0,5                | -                  | По действ. методикам      |
| Удельная электропроводимость при 20°С, См/м, не более                                   | 2·10 <sup>-3</sup>  | 1·10 <sup>-3</sup> | 5·10 <sup>-4</sup> | Измеряют на кондуктометре |

Для уменьшения угрозы отравления обессоливающих материалов необходимо тщательно удалять из воды гумусовые кислоты. В начале перед обессоливанием удаляют фульвокислоты [5, 9].

Таким образом решение задачи полного или частичного обессоливания воды требует удаления органических примесей с использованием современных промышленных способов:

1. Категория – промывка деталей в операциях подготовки поверхности к покрытию, кроме категорий 2 и 3.
2. Приготовление электролитов и промывка во всех случаях, кроме категории 3.
3. Приготовление электролитов и промывка перед обработкой в электролитах, составленных на воде 3-й категории, при специальных требованиях к качеству и внешнему виду для особо ответственных деталей.

### Литература

1. Промышленное использование хромирования при ремонте деталей сельскохозяйственной техники/ Д.Г.Чурилов, Ю.А. Стекольников, И.С. Арапов и др. // Вестник РГАТУ. –2019. – № 4 (44). – С. 120-125.
2. Чурилов, Д.Г. Комбинированный способ восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники типа «вал» с использованием легированных ферромагнитных порошков : дис. ... канд. техн. наук/ Д.Г. Чурилов. – Мичуринск, 2014. – 158 с.
3. Восстановление сельскохозяйственной техники и оборудования гальваническими покрытиями на основе железа/ С.Д. Полищук, Ю.А. Стекольников, Д.Г. Чурилов и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3 (43). – С. 130-135.
4. Polischuk, S.D. Peculiarities of chromium coating in low-concentrated electrolytes when repairing details/ S.D. Polischuk, Yu.A. Stekolnikov, D.G. Churilov at al. // Key Engineering Materials. – 2020. – Т. 836. – С. 151-157.
5. Полищук, С.Д. Защита латунных деталей с.-х. техники от воздействия коррозионной среды/ С.Д. Полищук, М.Н. Горохова // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 4. – С. 50-53.
6. Горохова, М.Н. Нанесение металлопокрытий электроконтактным способом : Монография / М.Н. Горохова, Д.Г. Чурилов. – Рязань : РГАТУ, 2011. – 48 с.
7. Восстановление сельскохозяйственной техники и оборудования гальваническими покрытиями на основе железа/ С.Д. Полищук, Ю.А. Стекольников, Д.Г. Чурилов и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3 (43). – С. 130-135.
8. Нанотехнологии и наноматериалы в сельскохозяйственной технике/С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов, В.В. Чурилова, И.С. Арапов // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 302-307.
9. Peculiarities of chromium coating in low-concentrated electrolytes when repairing details/ S.D. Polischuk, Yu.A. Stekolnikov, D.G. Churilov at al. // Key Engineering Materials. – 2020. – Т. 836. – С. 151-157.

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРОМИРОВАНИЯ

Д.Г. Чурилов<sup>1</sup>, И.С. Арапов<sup>1</sup>, А.Ю. Мальгина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** Дан анализ технологического процесса восстановления изношенных элементов и упрочнения их хромированием. Усиление возможностей технического сервиса по восстановлению и модернизации устаревшей техники должно идти по пути применения целесообразных технологий гальванического нанесения покрытий на вышедшие из строя детали, их упрочнения, использования технологий нанесения хрома, железа, а также их сплавов как в постоянном токовом, так и в импульсном режимах.

**Ключевые слова:** электролит хромирования, упрочнение, физико-механические свойства покрытий.

**Summary.** The analysis of the technological process of restoring worn-out elements and strengthening them with chrome plating is given. Strengthening the capabilities of technical service for the restoration and modernization of outdated equipment should go along the path of applying appropriate technologies for electroplating coatings on failed parts, strengthening them, using technologies for applying chromium, iron, and their alloys both in direct current and in pulse modes.

**Key words:** chromium plating electrolyte, hardening, physical and mechanical properties of coatings.

В настоящее время ни один гальваностегический процесс не имеет столь широкого и разнообразного применения, как хромирование [1, 2, 3].

Упрочнению хромированием при изготовлении некоторых машин подвергаются до 1 200 деталей, причем площадь покрытия может достигать 16 м<sup>2</sup>.

Еще большее количество деталей машин подвергается хромированию в процессе их ремонта (по некоторым машинам в 1,5-2 раза).

Чем более ответственна функциональная роль машины или ее узлов, тяжелее условия эксплуатации, тем большее количество деталей подвергается хромированию. Широкое распространение хромирования в производстве обусловлено его высокими физико-механическими и технологическими возможностями, а также применением различных инновационных технологий [4, 5, 6]. Расчеты показывают, что увеличение числа наименований хромируемых деталей, например, в двигателях автомобилей с 1 до 15 позволит увеличить срок их службы с 100 тыс. до 600 тыс. км пробега.

Таким образом, возможности хромирования как технологического процесса упрочнения и восстановления деталей машин весьма велики. Однако, 80% деталей автомобилей и 95% деталей тракторов при износе менее 0,3 мм выбрасываются из-за несовершенства технологии их восстановления и плохой организации ремонта. Народнохозяйственное значение хромирования состоит также в том, что упрочнение и восстановление деталей хромированием не только технически целесообразно, но и экономически выгодно [2].

Выявлена тенденция к увеличению потребления износостойких хромовых покрытий в тяжелом и сельскохозяйственном машиностроении, поэтому потребление хрома в этом сегменте возрастает в 1,5–2,5 раза. Это обусловлено тем, что в сельскохозяйственных машинах широко используются гидравлические и пневматические системы, в которых цилиндры и штоки рабочих органов традиционно подвергаются хромированию из-за высокого износа. Также возрастает потребление хрома при ремонте машин и оборудования для перерабатывающей и пищевой промышленности [7, 8]. Как правило, процесс

хромирования осуществляется из электролитов, составленных на основе шестивалентных соединений хрома, состоящих из хромового ангидрида и сульфата с концентрацией хромового ангидрида 250 г/л и серной кислоты 2,5 г/л.

Длительное использование универсального электролита в процессе хромирования позволило выявить его следующие недостатки:

- низкий и непостоянный выход по току;
- недостаточная износостойкость;
- пористость осадков, вызывающая «течь по хрому»;
- ограниченная толщина осадка;
- низкая рассеивающая способность;
- сложность и длительность анализов и корректировок электролита.

Выход хрома по току составляет 8–13%. Это обуславливает низкую эффективность процесса. Эффективность использования электрической энергии крайне низкая: 87–92% электроэнергии затрачивается на побочные процессы. При производстве некоторых деталей машин не обеспечивается требуемая износостойкость. Например, при упрочнении гидроцилиндров и штоков гидравлических и пневматических устройств, пресс-форм, матриц, пуансонов и некоторых режущих инструментов износостойкость не удовлетворяет современным техническим требованиям согласно ГОСТа. Больше всего подвергаются хромированию полые цилиндры (19%), пресс-формы и инструменты (17,4%), стержни (16,8%), корпусные (базовые) детали (16,9%), а также диски (10,4%). Другие детали подвергаются хромированию в меньшей степени. Хромовые покрытия наносятся на детали массой до 600 кг, причем преобладающее большинство деталей имеет массу до 1 кг (73%). Детали массой от 1 до 20 кг составляют 20,5%. Частота хромирования крепежа составляет 8,5%, т. е. 6,7% частоты хромирования деталей массой до 0,1 кг.

Длина хромируемых деталей может достигать 9–14 м и более, а диаметр рабочей поверхности до 3 м. Однако наиболее часто длина деталей составляет 10–200 мм. В этом интервале длин частотность их практически одинакова и составляет около 9%. Частотность хромирования деталей длиной более 2 м составляет около 1%. Диаметр рабочей поверхности деталей, подвергающихся хромированию, обычно составляет 10–40 мм. В большинстве случаев применяются хромовые покрытия толщиной 5–25 мкм. Повторяемость применения покрытий такой толщины составляет 56,5%. Для изготовления большинства деталей, подвергающихся хромированию, применяются легированные и углеродистые стали (82%). Из углеродистых сталей наиболее часто хромируется сталь 45 (16,1%). Из легированных подвергаются хромированию стали 1Х18Н9Т, 3ОХГСА и 3ОХГСНА (частотность их хромирования равна 14,6%). Частотность хромирования деталей из чугуна ХТВ – 3,6%, латуни ЛС-59-1 – 3%. Хромированию подвергаются детали, имеющие микротвердость 4-9 ГПа. Частотность хромирования таких деталей составляет около 70%. Эффективность процесса хромирования в универсальном электролите очень низка. Так, например, стоимость покрытия выше, чем при осталивании и наплавке, почти в два раза.

Таким образом, возникла потребность в нахождении эффективных путей повышения качества хромирования, восстанавливаемых в размер изношенных деталей покрытиями. На современном этапе развития производств эту важнейшую народнохозяйственную проблему можно решить двумя путями. Первый путь состоит в усовершенствовании технологии хромирования в универсальном электролите за счет применения более форсированных и нестационарных режимов тока, температуры, перемешивания, а также посредством изменения концентрации и состава компонентов в электролите и соотношения между ними [8, 9]. Из этих приемов наибольшее применение в практике нашли реверсивное, проточное, анодно-струйное, струйное, импульсное хромирование. Второй путь повышения эффективности хромирования и качества хромовых покрытий – это создание новых электролитов хромирования например, за счет применения органических модификаторов [2, 7].

В литературе, особенно в патентной, появились сообщения о разработке высокопроизводительных (выход по току достигает 20–22%) электролитов, способных автоматически поддерживать определенное соотношение между компонентами в растворе. Эти электролиты получили название скоростных ввиду того, что они эффективнее универсального электролита в 1,5–2 раза и более, так как эти электролиты имеют уменьшенные концентрации хромового ангидрида и серной кислоты и осаждение в них ведется на импульсном или асимметричном переменном токе.

Усиление возможностей технического сервиса по восстановлению и модернизации устаревшей техники должно идти по пути применения целесообразных технологий гальванического нанесения покрытий на вышедшие из строя детали, их упрочнения, использования технологий нанесения хрома, железа, а также их сплавов как в постоянном токовом, так и в импульсном режимах. Использование порошковых материалов [8, 9] в составе гальванических ванн позволяет добиться высокой износостойкости, а в ряде случаев получать покрытия с заданными физико-механическими свойствами за счет использования легирующих элементов, что позволяет отказаться в ряде случаев от механико-термического упрочнения. Разработка таких технологий, составов электролитов, режимов нанесения и последующей обработки покрытий для использования на ремонтных сервисных предприятиях является актуальной задачей.

Проведена математическая оптимизация процесса хромирования, где в качестве переменных взяты плотность тока ( $X_1$ ), температура ( $X_2$ ) в интервалах (60–80 А/дм<sup>2</sup>) и (60–80 °С) во взаимосвязи с выходом по току, скоростью осаждения, микротвердостью, шероховатостью покрытий. За факторы планирования взяты плотность тока 70 А/дм<sup>2</sup> и температура 70 °С с толщиной осадков хрома 20 мкм из малоцентрированного электролита (1,5 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 150 г/л CrO<sub>3</sub> + 1 г/л КФ). Получили следующие уравнения:

$$M = 755 + 115 x_1 - 105 x_2 + 95 x_1 E_2, \text{ кгс/мм}^2$$

$$R = 0,385 - 0,010 x_1 - 0,035 x_2 - 0,020 x_1 E_2, \text{ мкм}$$

$$V = 44,95 + 8,80 x_1 - 3,60 x_2 - 0,45 x_1 E_2, \text{ мкм/час}$$

Вычисления по этим уравнениям соответствуют данным промышленного электролиза. Максимальная скорость осаждения покрытий хромом при 80 А/дм<sup>2</sup> и температуре 60 °С, что превышает в 1,6 раза скорость осаждения хрома рекомендуемую для универсального электролита при 50 А/дм<sup>2</sup> и 55 °С от 1,5 до 2 раз.

Добавки в электролите КФ и индиго повышают выход по току хрома, скорость электроосаждения, расширяют диапазон и плотности тока получения качественных осадков. В малоцентрированном электролите хромирования за счет увеличения выхода по току (особенно при  $i_k > 70$  А/дм<sup>2</sup>), процесс протекает более интенсивно, увеличивается коррозионная стойкость и твердость покрытия, меньше уровни загрязнения окружающей среды и затраты на очистные сооружения, нейтрализацию очистных вод. Хромирование на импульсных режимах еще более повышает качество покрытий, уменьшает выбросы CrO<sub>3</sub> в атмосферу и является преимуществом использования малоцентрированного электролита в условиях гальванопроизводства при восстановлении в размер изношенных деталей сельскохозяйственной техники.

Использование нестационарных режимов электролиза в разбавленных электролитах при хромировании способствует улучшению рассеивающей способности электролитов и функциональных физико-химических свойств гальваноосадков хромом изделий сельскохозяйственной техники.

## Литература

1. Чурилов, Д.Г. Промышленное использование хромирования при ремонте деталей сельскохозяйственной техники/ Д.Г. Чурилов, Ю.А. Стекольников, И.С. Арапов и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 4 (44). – С. 120-125.

2. Чурилов, Д.Г. Комбинированный способ восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники типа «вал» с использованием легированных ферромагнитных порошков : дис. ... канд. техн. наук/ Д.Г. Чурилов. – Мичуринск, 2014. – 158 с.
3. Восстановление сельскохозяйственной техники и оборудования гальваническими покрытиями на основе железа/ С.Д. Полищук, Ю.А. Стекольников, Д.Г. Чурилов и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3 (43). – С. 130-135.
4. Peculiarities of chromium coating in low-concentrated electrolytes when repairing details/ S.D. Polischuk, Yu.A. Stekolnikov, D.G. Churilov at al. // Key Engineering Materials. – 2020. – Т. 836. – С. 151-157.
5. Полищук, С.Д. Защита латунных деталей с.-х. техники от воздействия коррозионной среды/ С.Д. Полищук, М.Н. Горохова // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 4. – С. 50-53.
6. Горохова, М.Н. Нанесение металлопокрытий электроконтактным способом : Монография/ М.Н. Горохова, Д.Г. Чурилов. – Рязань : РГАТУ, 2011. – 48 с.
7. Полищук, С.Д. Восстановление сельскохозяйственной техники и оборудования гальваническими покрытиями на основе железа/ С.Д. Полищук, Ю.А. Стекольников, Д.Г. Чурилов и др. // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 3 (43). – С. 130-135.
8. Полищук, С.Д. Нанотехнологии и наноматериалы в сельскохозяйственной технике/ С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов, В.В. Чурилова, И.С. Арапов // Сб.: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 302-307.
9. Peculiarities of chromium coating in low-concentrated electrolytes when repairing details/ S.D. Polischuk, Yu.A. Stekolnikov, D.G. Churilov at al. // Key Engineering Materials. – 2020. – Т. 836. – С. 151-157.
11. Полищук, С.Д. Защита латунных деталей с.-х. техники от воздействия коррозионной среды/ С.Д. Полищук, М.Н. Горохова // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 4. – С. 50-53.
12. Горохова, М.Н. Технологические особенности электроискрового упрочнения/ М.Н. Горохова, Д.Г. Чурилов, С.Д. Полищук // Вестник РГАТУ. – 2012. – № 1 (13). – С. 38-43.
9. Горохова, М.Н. Влияние полярного эффекта и материала электродов на перенос присадочного порошкового материала при электроимпульсном способе/ М.Н. Горохова, Д.Г. Чурилов // Труды ГОСНИТИ. – 2012. – Т. 109. – № 2. – С. 51-56.
10. Бышов, Д.Н., Методы нанесения металлопокрытий электромагнитной наплавкой/ Д.Н. Бышов, Д.Г. Чурилов, А.А. Горохов // Вестник РГАТУ. – 2012. – № 3 (15). – С. 66-68.
11. Шарая, О.А. Технологические аспекты модифицирования поверхностного слоя деталей сельскохозяйственных машин/ О.А. Шарая, Н.В. Водолазская // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 3 (23). – С. 82-92.
12. Шарая О.А. Упрочнение деталей модельной оснастки/ О.А. Шарая, Н.В. Водолазская // Сб.: Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации : Материалы Международной научно-практической конференции. Часть 4. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017.
13. Стребков, С.В., Сахнов А.В. Технология ремонта машин/ С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 222 с.
14. Расчет высоты слоя расплавленного защитного покрытия при капсулировании/ Н.Е. Лузгин, В.В. Коченов, Д.М. Савушкин // Сб.: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 71-75.
15. Анализ средств механизации покрытия оболочками пищевых продуктов и подкормок для пчел/ Н.Е. Лузгин, Е.С. Лузгина, А.В. Назаров и др. // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы научно-

практической конференции с международным участием – Рязань : РГАТУ, 2018. – С. 184-191.

16. Биология с основами экологии/ С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин и др. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 368 с.

17. Виноградов, Д.В. Экологические аспекты охраны окружающей среды и рационального природопользования/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев. – Москва, 2017. – 128 с.

**УДК 333.631**

## **ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*И.И. Эркинхожиев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ТашГАУ, г. Ташкент*

**Аннотация.** В статье описаны работы по локализации тракторов и другой сельскохозяйственной техники на примере СП «Ташкентский завод сельхозтехники».

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, производство, машиностроение, локализация, модернизация, эффективность, фермерское хозяйство.

**Summary.** Therefore, this scientific article describes the work on the localization of tractors and other agricultural equipment using the example of JS «Tashkent Agricultural Machinery Plant».

**Key words:** Agriculture, production, mechanical engineering, localization, modernization, efficiency, farm.

Модернизация отрасли, обеспечение её современным оборудованием и технологиями играет важную роль в развитии сельского хозяйства страны. Сегодня трудно представить развитие какой-либо отрасли без науки. В сельском хозяйстве невозможно добиться прогресса без фундаментальных исследований и внедрение на производство результатов их практических испытаний [1].

В настоящее время АО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники» активно работает над локализацией производства сельскохозяйственной техники и локализацией выпускаемого оборудования на 30–40%. АО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники» производит в основном следующие виды сельскохозяйственной техники для агропромышленной отрасли:

Трактор TTZ LS-100 НС, 3-х колесный, трактор New Holland T6070, 4-х колесный, трактор New Holland TD 5.110, 4-х колесный, трактор TTZ LS U-62, 4-х колесный, трактор TTZ LS-I38, садоводческий, прицеп тракторный самосвальный 2ПТС-4-793А-03А, хлопкоуборочная машина марки ХУМ МХ-1,8 (междурядье 90 см), хлопкоуборочная машина марки ХУМ МХ-2,4 (междурядье 60 см) и другие техники сельскохозяйственного назначения.

В настоящее время на заводе поэтапно проводится локализация следующих тракторов:

Программа локализации трактора СП ООО «UzCaseMash», мощностью от 190 л.с. до 215 л.

(I этап – январь 2019 г.–декабрь 2019 г.): Крупно узловая сборка (двигатель, трансмиссия, ведомый мост), производство с локализацией кабины, поручней, ступеней, 3-х точечной сцепки, тягово-сцепного устройства (ТСУ), передних крыльев, аккумуляторных батарей, литейных изделий из серого чугуна (балласт) и др. (II этап – декабрь 2019 г.–декабрь 2020 г.): Мелко узловая сборка: локализация капота трактора, топливного бака,

сиденья оператора, передний брус, дисков колес, радиатора. (III этап – январь 2021 г.–декабрь 2021 г.): Серийное производство с локализацией гидравлических трубопроводов, гидравлических цилиндров и др.

Программа локализации трактора СП ООО «UzCaseMash», мощностью от 140 л.с. до 170 л.с. (I этап – январь 2020 г.–декабрь 2020 г.): Мелко узловая сборка (двигатель, трансмиссия, ведомый мост), производство с локализацией кабины, поручней, ступеней, 3-х точечной сцепки, тягово-сцепного устройства (ТСУ), аккумуляторных батарей, диск колеса, литейных изделий из серого чугуна (балласт), передних крыльев и др.

(II этап – декабрь 2021 г.–декабрь 2021 г.): Мелко узловая сборка: локализация капота трактора, радиатора, сиденья оператора, системы выхлопа двигателей (выхлопная труба, глушитель), топливного бака, и др.

(III этап – январь 2022 г.–декабрь 2022 г.): Серийное производство с локализацией: передний мост, передний брус, корпуса моста, корпуса трансмиссии, комплектующие детали трансмиссии (валы, шестерни и др.).

Программа локализации трактора СП ООО «UzCaseMash», мощностью от 80 л.с. до 120 л.с. (I этап – январь 2020 г.–декабрь 2020 г.): Мелко узловая сборка (двигатель, трансмиссия, ведомый мост), производство с локализацией поручней, ступеней, 3-х точечной сцепки, тягово-сцепного устройства (ТСУ), передних крыльев, аккумуляторных батарей, кабины, литейных изделий из серого чугуна (балласт) и др.

(II этап – декабрь 2021 г.–декабрь 2021 г.): Мелко узловая сборка: локализация капота трактора, топливных баков, сиденья оператора, передний мост, передний брус, корпуса моста, дисков колес, радиатора, корпуса трансмиссии, комплектующих деталей трансмиссии из импорта (валы, шестерни и др.) и др.

(III-этап – январь 2022 г.–декабрь 2022 г.): Серийное производство с локализацией гидравлических трубопроводов, гидравлических цилиндров, комплектующих деталей трансмиссии (валы, шестерни и др.) и др.

А также с увеличением фермерских хозяйств (за счет сокращения хлопковых полей), занимающихся овощеводством, виноградарством, садоводством, бахчеводством и животноводством изменится профиль требуемого парка техники. В этой связи будет налажена работа по выпуску альтернативной продукции, в том числе малыми партиями, таких как мини трактора и шлейфы орудий к ним.

Предполагается реализация через АО «Узагролизинг» до 70% произведенной техники, оставшаяся часть по прямым договорам, в том числе через соответствующие финансовые институты.

Для достижения стабильного преимущества перед конкурентами будет использован весь набор инструментов маркетинга:

а) изменения в технологии производства, способствующие улучшению качества изделия, его дизайна и упаковки;

б) сервисное обслуживание (консультирование и обучение, ремонт и техническая профилактика, поставка запчастей и т.д.).

С целью своевременной организации сервисного обслуживания техники в регионах, будут заключены договора с существующими сервисными службами СП ООО «UzCaseService» и СП ООО «UzClaasService», имеющих разветвленную сеть сервисных центров по Республике.

Учитывая, что основными потребителями выпускаемой техники являются сельхоз товаропроизводители, в том числе в хлопкосеющих регионах стран СНГ с аналогичной технологией возделывания хлопчатника, организация производства тракторов различного класса и хлопкоуборочных машин является предпосылкой завоевания рынка сбыта во всем Центрально-Азиатском регионе.

Для достижения данной цели, предприятием отгружены хлопкоуборочные машины в Туркменистан, Казахстан, Пакистан, Индию для проведения широкомасштабных полевых испытаний. Планируется совместно с подразделениями АК «Узавтосаноат» проработать

вопрос реализации сельхозтехники через дилерские сети за рубежом или создания торговых домов в государствах с идентичной технологией возделывания сельхоз культур, с возможностью создания на местах сборочных производств.

Для развития экспортного потенциала предприятия будут продолжены работы по комплексному изучению мирового рынка сбыта, уточнению структуры экспортной продукции, планированию сбытовой деятельности за рубежом<sup>1</sup>.

### Литература

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 04.09. 2018 года ПП № 3929 «О мерах по совершенствованию системы управления отраслью сельскохозяйственного машиностроения». – Режим доступа: <https://lex.uz/ru/docs/3891635>

2. Картофелекопатель с инновационными рабочими органами/ Е.Е. Крыгина, С.Е. Крыгин, И.А. Паршин, М.В. Орешкина // Сб.: Наука и инновации: векторы развития : Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. В 2-х книгах. – Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2018. – Кн. 2. – С. 37-40.

3. Крыгин С.Е. Применение картофелекопателей с инновационными рабочими органами/ С.Е. Крыгин, Е.Е. Крыгина, И.А. Паршин // Сб.: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции. – Мичуринск – Научград : МичГАУ. – С. 55-58.

4. Продажа и технический сервис сеялок в современных условиях/ Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, А.А. Коротков, Ю.В. Якунин // Сборник научных трудов студентов магистратуры ФГБОУ ВПО РГАТУ. – Рязань, 2012. – С. 47-51.

5. Современная с.-х. техника и энергосберегающие технологии в хозяйствах Рязанской области/ Н.В. Бышов, А.М. Лопатин, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин // Сборник научных трудов, посвященный 55-летию инженерного факультета. – Рязань : РГСХА, 2005. – С. 43-47.

УДК 621.311.1

### РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ НЕСИММЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

*Ю.А. Юдаев<sup>1</sup>, С.И. Коробчилкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** Приводится решение задачи в общем виде для расчета поперечной несимметричной системы электроснабжения при аварийных режимах работы. Использование начальных и граничных условий первого рода позволяет получить частные решения, которые дают полную информацию о протекающих процессах в линии электропередачи. Взаимные индукции между фазами не учитываются.

**Ключевые слова:** аварийный режим, короткое замыкание, линия электропередач.

**Summary.** The solution of the problem in general form for the calculation of a transverse asymmetric power supply system under emergency operating conditions is given. The use of initial and boundary conditions of the first kind allows us to obtain partial solutions that give complete information about the processes occurring in the power line. Mutual inductions between phases are not taken into account.

**Key words:** Emergency mode, short circuit, power line.

---

<sup>1</sup> Используются данные АО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники.

При электроснабжении потребителей электрической энергией возможно возникновение поперечной несимметрии. Подобный режим наиболее характерен при снабжении электричеством сельскохозяйственных объектов, что связано с большой протяженностью линий электропередач и не симметричной нагрузкой [1, с. 504]. Поперечная несимметрия может возникнуть при срабатывании защитных разрядников [2–7], ударов молнии [8], аварийного режима работы электродвигателей [9, с. 155] и т.п.

Для математического описания подобного режима предположим, что к трехфазной системе в любом произвольном месте к шинам электрической сети могут быть подключены различные сопротивления  $Z_A, Z_B, Z_C$ , рисунок 1. Для составления математической модели примем направления протекания фазных токов и их симметричных составляющих к месту точки короткого замыкания (КЗ).

Данная схема делает возможным решение задачи в общем виде. При использовании начальных и граничных условий первого рода можно получить частные решения, которые дадут полную информацию о протекающих процессах в линии электропередачи.

Однако, даже не учитывая взаимные индукции между фазами электрической цепи, решение в общем аналитическом виде достаточно сложно и трудоемко. Упростить процесс вычислений можно при решении задачи для каждого вида поперечной несимметрии. В этом случае увеличивается количество начальных и граничных условий для всех коротких замыканий, но упрощается общее решение.

Введем допущения, связывающие результирующие сопротивления схем замещения в точке короткого замыкания реактивными (активные сопротивления в точки КЗ стремятся к нулю, а реактивные приведены к виду относительно точки КЗ и найдены  $E_\Sigma, X_{1\Sigma}, X_{2\Sigma}$  и  $X_{0\Sigma}$ ).

Для определения граничных условий предположим, что фаза А является особой (выделенной) и работает в номинальном режиме, находясь в условиях, отличных от фаз В и С. При описании несимметричных аварийных режимов методом симметричных составляющих предположим, что при однофазном коротком замыкании на землю или обрыве одной фазы, повреждение происходит в фазе А, а при межфазном коротком замыкании и двухфазном КЗ на землю повреждение происходит соответственно в фазах В и С.

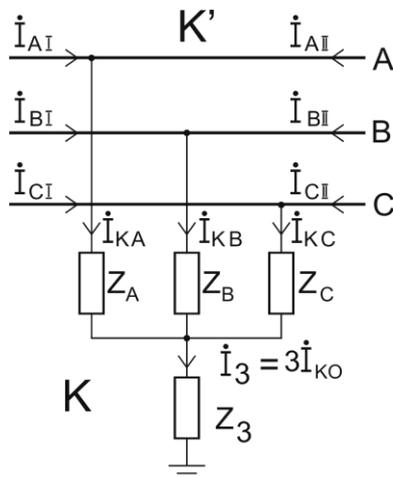


Рисунок 1 – Схема подключения нагрузок к шинам трехфазной электрической сети

Электрические схемы замещения можно рассматривать отдельно, не связывая электрические процессы, протекающие в других фазах. При таком подходе необходимо учитывать измененные граничные и начальные условия в месте возникновения несимметрии.

При дальнейшем описании процессов, чтобы не перегружать формулы лишними индексами, опустим индексы КЗ.

С учетом, что фаза А является особой, запишем уравнения напряжений для контуров в схемах замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{A1} &= \dot{E}_{A\Sigma} - j\dot{I}_{A1}X_{1\text{рез}}; \\ \dot{U}_{A2} &= 0 - j\dot{I}_{A2}X_{2\text{рез}}; \\ \dot{U}_{A0} &= 0 - j\dot{I}_{A0}X_{0\text{рез}}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Запишем токи и напряжения в месте КЗ, как суммы соответствующих симметричных составляющих:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}; \\ \dot{I}_B &= a^2\dot{I}_{A1} + a\dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}; \\ \dot{I}_C &= a\dot{I}_{A1} + a^2\dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_A &= \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}; \\ \dot{U}_B &= a^2\dot{U}_{A1} + a\dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}; \\ \dot{U}_C &= a\dot{U}_{A1} + a^2\dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) позволяют определить значение токов в схеме, показанной на рисунке 1. Для определения токов необходимо рассчитать значения симметричных составляющих этих токов и напряжений в рассматриваемом элементе.

Уравнения (1, 2, 3) содержат двенадцать неизвестных значений токов и напряжений в комплексном виде:

$$f(I_n, U_n) = (\dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_{A0}, \dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}, \dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C, \dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C)$$

Известные значения определяют: ЭДС,  $\dot{E}_{A\Sigma}$  и общие сопротивления для схем прямой, обратной и нулевой последовательностей ( $X_{1\text{рез}}$ ,  $X_{2\text{рез}}$  и  $X_{0\text{рез}}$ ).

Решение систем (1-3) невозможно без трех уравнений, связанных с граничными условиями конкретного вида несимметричного короткого замыкания.

Для пояснения предлагаемого метода рассмотрим наиболее простое симметричное короткое трехфазное замыкание фаз.

Вынесем КЗ на ответвления. При этом электрический режим трехфазной сети не изменится, потому что проводимость проводников ответвлений сети стремится к бесконечности, рисунок 2.

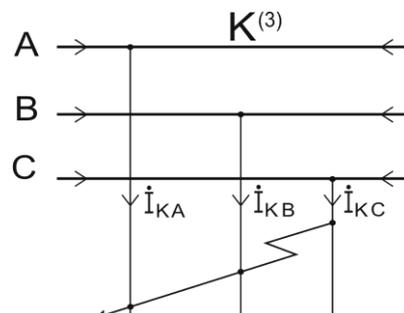


Рисунок 2 – Ответвление от трехфазной сети проводниками с бесконечной проводимостью

При замыкании всех фаз, напряжение каждой из фаз в месте короткого замыкания стремиться к нулю:

$$U_{kA}^{(3)} = 0; U_{kB}^{(3)} = 0; U_{kC}^{(3)} = 0. \quad (4)$$

Подставив данные граничные условия первого рода в уравнение (3) при совместном решении определим:

$$\dot{U}_{A1} = 0; \dot{U}_{A2} = 0; \dot{U}_{A0} = 0.$$

Уравнение (1) позволяет определить значение тока в фазе А:

$$\dot{I}_{k1}^{(3)} = \frac{\dot{E}_{A\Sigma}}{jX_{1pez}}; \dot{I}_{A2}^{(3)} = 0; \dot{I}_{A0}^{(3)} = 0. \quad (5)$$

Согласованные значения токов в фазах А, В, С можно рассчитать с учетом уравнения (2):

$$\dot{I}_{kA} = \dot{I}_{A1}; \dot{I}_{kB} = a^2 \dot{I}_{A1}; \dot{I}_{kC} = a \dot{I}_{A1}. \quad (6)$$

Коэффициент, связывающий значения тока аварийной фазы и тока прямой последовательности фазы А,

$$m = \frac{I_{kA}}{I_{A1}} = 1. \quad (7)$$

Таким образом, определение значений токов и напряжений при несимметричном коротком замыкании в линиях электропередач, сводится к не сложному вычислению их симметричных составляющих. После расчета симметричных составляющих, токи, протекающие в трех фазах  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$  и напряжений  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$  определяются по формулам (2–3).

### Литература

1. Юдаев, Ю.А. Метод уменьшения энергозатрат в агропромышленном комплексе/ Ю.А. Юдаев, Д.Н. Бышов // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 503-507.
2. Анисимов, В.Ф. Динамическое напряжение пробоя в неуправляемых разрядниках/ В.Ф. Анисимов, Ю.В. Киселев, Ю.А. Юдаев // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2003. – Т. 67. – № 9. – С. 1302-1305.
3. Юдаев, Ю.А. Механизм пробоя газоразрядных коммутаторов тока/ Ю.А. Юдаев. – Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2003. – Т. 67. – № 9. – С. 1279-1283.
4. Arefev, A.S. Application of Ionising Waves for in Creasing of High Speed of Response of Hydrogen Filled Thyratrons/ A.S. Arefev, B.D. Maloletkov, Y.A. Yudaev// Электронная обработка материалов. – 1994. – № 3 (177). – С. 50-51.

5. Юдаев, Ю.А. Численные исследования процесса формирования разряда в управляемых газоразрядных коммутаторах тока низкого давления/ Ю.А. Юдаев. – Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2000. – Т. 64. – № 7. – С. 1307-1316.
6. Исследование новых эмиссионных материалов в неуправляемых газонаполненных разрядниках/ В.Ф. Анисимов, Ю.В. Киселев, Е.В. Круглова, Ю.А. Юдаев // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2000. – Т. 64. – № 7. – С. 1335-1339.
7. Анисимов, В.Ф. Моделирование процесса формирования импульсного разряда в двухэлектродном промежутке с холодным катодом методом частиц/ В.Ф. Анисимов, Н.П. Богданова, П.В. Сенин, Ю.А. Юдаев. – Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2003. – Т. 67. – № 9. – С. 1322-1327.
8. Arefjev, A.S. Modelling of Vacuum Breakdown Formation/ A.S. Arefjev, V.A. Antoshkin, Yu.A. Yudaev // Сб.: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV// 19th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV). – Xian, China, 2000. – Pp. 37-38.
9. Копаев, С.А. Анализ способов защиты асинхронных электродвигателей от несимметричных режимов работы/ С.А. Копаев, С.О. Фатьянов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2017. – № 2 (5). – С. 153-157.
10. Вендин, С.В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ/ С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 2 (18). – С. 3-19.
11. Вендин, С.В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ/ С.В. Вендин, С.В. Соловьёв, С.В. Килин // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 3 (32). – С. 18-25.
12. Отраслевая экология/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов и др. – Могилев-Рязань, 2016. – 154 с.

УДК 621.311

## ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ УДАРОВ МОЛНИИ

*Ю.А. Юдаев<sup>1</sup>, С.И. Коробчилкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.

**Аннотация.** Обсуждаются вопросы попадания молнии в линии электропередачи. Приводится формула для вероятностной оценки попадания молнии в линию передачи электрической энергии. Предлагается учитывать импеданс земли при выборе систем защиты от попадания молнии.

**Ключевые слова:** аварийный режим, молния, линия электропередач, импеданс заземляющего устройства.

**Summary.** The issues of lightning hitting power lines are discussed. The formula for probabilistic estimation of lightning hit in the electric power transmission line is given. It is proposed to take into account the ground impedance when choosing lightning protection systems.

**Key words:** emergency, lightning, power line, the impedance of the grounding device.

При попадании молнии в линию электропередач возникает перенапряжение, которое может достигать десятков и сотен тысяч Вольт. Эти перенапряжения могут привести к выходу электрооборудования из строя, возникновению пожара и многих других неблагоприятных факторов [1, с. 505].

По неофициальным данным в России от разрядов атмосферного электричества ежегодно погибает около 550 человек. В мире ежедневно происходит около 8 миллионов вспышек молний.

Удар молнии может быть между облаками или между облаками и землей. Во втором случае облако может быть заряжено либо отрицательно, либо положительно. От 85% до 95% вспышки классифицируются, как отрицательные нисходящие. Только пробой облака земля влияет на линии электропередач [2–5], [8, с. 37].

Около 45% всех вспышек молнии состоят только из одного удара. Остальные удары состоят из первого пробоя, за которым следует второй пробой воздуха или много последующих пробоев. В среднем три удара на вспышку, но были отмечены 54 за один интервал времени [6], [7, с. 82].

Время нарастания последующих пробоев воздуха происходит быстрее, чем время первого удара. Последовательные удары молнии представляют наибольшую опасность для линий электропередач и электрооборудования, т.к. имеют большую суммарную энергию и, к моменту повторного попадания, могут вывести защитные разрядники из строя.

Из-за большого тока при ударе молнии в металлических проводниках может индуцироваться потенциал с высоким напряжением. В научной литературе встречаются данные об амплитудных значениях до 300 кВ.

Молнию можно контролировать и измерять с помощью систем позиционирования и отслеживания молнии. В США и западной Европе функционирует система LPATS (Lightning Position and Tracking System). Дословный перевод - Положение молнии и система слежения или Система за слежением положения молнии. С помощью этой системы можно определить наиболее опасные регионы, временные показатели и мощность молний. К сожалению, подобные системы, которые применялись бы в Российской Федерации, нам не известны.

Чтобы найти точное место удара, необходимо провести осмотр линий электропередач. Поврежденные изоляторы, расщепленные деревянные или бетонные опоры и другие поврежденное оборудование являются хорошими указателями того, где удар попал в линию.

Чтобы рассчитать вероятность попадания молнии в линию электропередач, необходимо знать плотность попаданий молний в землю на участке, где проходит ЛЭП. Обычно он определяется как количество попаданий молний на км<sup>2</sup> в год. Эту информацию можно получить у синоптиков, если такие наблюдения ведутся.

В этом случае среднее количество попаданий молний в линию электропередач  $N_s$  в год можно оценить по формуле:

$$N_s = N_g (28 H^{0.6} + w) L 10^{-3}, \quad (1)$$

где  $N_g$  – средняя плотность попадания молнии в землю в год;  $H$  – средняя высота линии электропередач;  $w$  – расстояние между проводами (ширина линии электропередач),  $L$  – протяженность линии в метрах.

Одним из важных этапов защиты линии электропередач от попадания молнии является отвод энергии в землю. В отечественной литературе подробно обсуждаются вопросы, связанные с применением защитных разрядников с предположением, что сопротивление земли находится в интервале 4–10 Ом. Однако при грозовом импульсе и возможным фронтом нарастания напряжения 1 мкс необходимо учитывать импеданс почвы вокруг устройства заземления. Фронт напряжения, который составляет единицы мкс соответствует частотам 10<sup>6</sup> Гц. Энергия молнии не может быть полностью отведена в землю, а распределяется в линии электропередачи и частично доходит до потребителей электрической энергии [9, с. 155].

Следовательно, для эффективной защиты электрооборудования от попадания молнии в линию электропередач, необходимо использовать средства защиты с учетом импеданса сопротивления земли, правильного распределения защитных разрядников и комплексного сопротивления линии электропередачи.

## Литература

1. Юдаев, Ю.А. Метод уменьшения энергозатрат в агропромышленном комплексе/ Ю.А. Юдаев, Д.Н. Бышов // Сб.: Приоритетные направления научно-технологического

развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 503-507.

2. Анисимов, В.Ф. Динамическое напряжение пробоя в неуправляемых разрядниках/ В.Ф. Анисимов, Ю.В. Киселев, Ю.А.Юдаев // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2003. – Т. 67. – № 9. – С. 1302-1305.

3. Юдаев, Ю.А. Механизм пробоя газоразрядных коммутаторов тока/ Ю.А. Юдаев // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2003. – Т. 67. № 9. – С. 1279-1283.

4. Arefev, A.S. Application of Ionising Waves for in Creasing of High Speed of Response of Hydrogen Filled Thyratrons/ A.S. Arefev, B.D. Maloletkov, Y.A. Yudaev // Электронная обработка материалов. – 1994. – № 3 (177). – С. 50-51.

5. Юдаев, Ю.А. Численные исследования процесса формирования разряда в управляемых газоразрядных коммутаторах тока низкого давления/ Ю.А. Юдаев // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2000. – Т. 64. – № 7. – С. 1307-1316.

6. Hileman, AR. Insulation Coordination for Power Systems/ AR. Hileman. – Marcel Dekker, Inc. 1999. – Pp. 209-215.

7. Anderson, RB. AJ. Eriksson, Lightning parameters for Engineering Applications/ RB. Anderson, AJ. Eriksson// Electra. – 1990. – № 69. – Pp. 65-101.

8. Arefjev, A.S. Modelling of Vacuum Breakdown Formation/ A.S. Arefjev, V.A. Antoshkin, Yu.A.Yudaev // Сб.: 19th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV. – Xian, China, 2000. – С. 37-38.

9. Копаев, С.А. Анализ способов защиты асинхронных электродвигателей от несимметричных режимов работы/ С.А. Копаев, С.О.Фатьянов // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. – 2017. – № 2 (5). – С. 153-157.

10. Виноградов, Д.В. Экологические аспекты охраны окружающей среды и рационального природопользования/ Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев. – Москва, 2017. – 128 с.

**УДК 631.53.03**

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*Д.М. Юмаев<sup>1</sup>, А.А. Желтоухов<sup>1</sup>, Г.К. Рембалович<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань.*

**Аннотация.** Произведен анализ современных технологий комплексного орошения сельскохозяйственных культур, который показал, что они отвечают большинству агротехнических условий. Однако, тема полива растений является актуальной для подробного изучения и разработки новых способов полива, оказывающих минимальное эрозийное воздействие на почву.

**Ключевые слова:** *орошение, дождевальная машина, полив, эрозия, почва.*

**Abstract.** An analysis of modern technologies for integrated irrigation of crops has been made, which showed that they meet most agricultural conditions. However, the topic of watering plants is relevant for the detailed study and development of new watering methods that have minimal erosion effects on the soil.

**Key words:** *irrigation, sprinkling machine, watering, erosion, soil.*

Достаточный уровень влаги – это важнейший критерий, от которого напрямую зависит урожайность всех без исключения сельскохозяйственных культур. Именно поэтому обеспечение эффективного полива растений одна из важнейших задач, которую ставит перед собой каждое сельскохозяйственное предприятие.

Существует множество базовых и комбинированных способов орошения. Используемые в настоящее время системы полива разные в функциональном и техническом плане, но самую лучшую производительность дают дождевальные машины. Они позволяют организовать благоприятную микроклиматическую среду для активного роста и развития растений.

Обычно на полях сельскохозяйственных предприятий используют такие дождевальные машины, как:



Рисунок 1 – Мобильная (перемещаемая) дождевальная машина

Дождевальная машина мобильного типа в большей степени применяется в качестве временного решения, например на сезон. Данный тип дождевальных машин весьма актуален для мелких и средних фермерских хозяйств, которые имеют сравнительно небольшие площади и выращивают прихотливые культуры. Также данный тип машин является самыми дешевыми в эксплуатации.



Рисунок 2 – Полустационарная дождевальная машина с неизменным положением насосного аппарата

Полустационарные дождевальные машины, распространены наравне с мобильными. При изменении своего местоположения они обеспечивают качественное орошение больших

площадей. Основным отличием при сравнении данных машин является использование неизменяемого положения водной магистрали и насосного аппарата.



Рисунок 3 – Электрифицированная колесная многоопорная широкозахватная автоматизированная самодвижущаяся реверсионная машина фронтального перемещения

Этот тип дождевальных машин предназначен для орошения различных сельскохозяйственных культур. В том числе высокостебельных. Применяется на крупных орошаемых массивах в степных зонах на территории с ровным рельефом. Центральный пролет машины с силовым агрегатом располагается сбоку от канала. Передвижение таких машин возможно и отдельно от процесса полива.



Рисунок 4 – Стационарная дождевальная машина

Стационарная дождевальная машина в большей степени используется в условиях сельскохозяйственных предприятий, в которых выращиваются культуры зависимые от постоянного полива. Например капуста, томаты, зелень и т.п.

Установка водной магистрали производится капитально (под или над землей). На поверхности могут находиться только краны распределения влаги, но к ним может подключаться дополнительный поливочный элемент.



Рисунок 5 – Барабанная дождевальная машина

Перемещаются такие дождевальные машины традиционно с помощью тракторной спецтехники или самостоятельно (более редкие механизированные). Шланг разматывается по мере передвижения. Вода распыляется с использованием специальных высокомоощных дальнеструйных водометов, которые работают на расстоянии 50-60 метров. Главные минусы барабанных дождевальных машин – необходимость постоянного высокого давления воды и высокое эрозийное воздействие на почву. Однако плотность водного потока может регулироваться при помощи насадок.

Насадки или форсунки небольшого размера играют немаловажную роль в работе систем полива. Они позволяют добиться однородности орошения и оказывают прямое влияние на урожайность культур. Экономический результат, связанный с рабочим давлением разбрызгивателей, крайне важен. Именно поэтому существуют насадки, которые работают при низком давлении (от 0,7 атм). Использование ниспадающих трубок подачи воды способствует приближению разбрызгивателей к культуре, что помогает избежать потерь воды под воздействием ветра. В определенных случаях на конце консоли может быть установлен дополнительный ирригатор для увеличения общей площади орошения.

Таким образом, современные технологии комплексного орошения сельскохозяйственных культур, отвечают большинству агротехнических условий. Однако, тема полива растений является актуальной для подробного изучения и разработки новых способов полива, оказывающих минимальное эрозийное воздействие на почву.

### Литература

1. Современные подходы в орошении сельскохозяйственных культур в условиях закрытого грунта/ М.В. Костромина. – Екб. : Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – 62 с.
2. Анализ технологий и систем орошения в теплицах/ Д.М. Юмаев // Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения профессора А.М. Лопатина. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 239-244.
3. Пат. РФ № 2008122461 73394. Шланговая установка для капельного орошения Рязанцев А.И., Василенков С.В. – Опубл. 10.01.2009.
4. Пат. РФ № 2009117713. Система капельного полива / Кошелев Ф.Н. – Опубл 27.08.2009.
5. Богданчиков, И.Ю. К вопросу определения оптимального значения радиуса конуса распыла форсунки устройства для утилизации незерновой части урожая/ И.Ю. Богданчиков // Сб.: Инновационные направления и методы реализации научных

исследований в АПК : Материалы научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2012. – С. 54-59.

6. Испытание форсуночной рампы устройства для утилизации незерновой части урожая/ И.Ю. Богданчиков, Н.В. Бышов, К.Н. Дрожжин и др. // Сб.: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции 14 декабря 2017 года. – Рязань : РГАТУ, 2017. – Часть II. – С. 24-27.

7. Бышов, Н.В. Обоснование оптимального количества форсунок в устройстве для утилизации незерновой части урожая/ Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, И.Ю. Богданчиков // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, магистров и студентов. – М. : ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – С. 76-78.

8. К вопросу о визуализации элементов эксплуатации машинно-тракторного парка в учебном процессе при подготовке специалистов инженерного профиля на базе НОК УКК «Рязаньагровод» и ФГБОУ ВПО РГАТУ в рамках единого образовательного кластера/ А.Н. Бачурин, Д.О. Олейник, С.Е. Крыгин и др. // Сборник научных трудов студентов магистратуры. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 64-68.

# КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## МАТЕРИАЛЫ

*Международной научно-практической конференции,  
посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР  
академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В.  
9 декабря 2020 года*

## Часть II

Бумага офсетная Гарнитура Times Печать лазерная  
Усл печ л 28,4. Тираж 500 экз. Заказ № 1470  
подписано в печать 28. 12.2020 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева»

Отпечатано в издательстве учебной литературы  
и учебно-методических пособий  
ФГБОУ ВО РГАТУ

Адрес издательства, типографии:  
390044, г. Рязань, ул. Костычева