

На правах рукописи

Уланов Николай Анатольевич

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТАРОПАХОТНЫХ
ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ИХ ВОДНОГО РЕЖИМА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-
ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

Специальность 06.01.03 – Агрофизика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Киров – 2019

Работа выполнена на кафедре почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: **Копысов Иван Яковлевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»

Официальные оппоненты: **Царенко Василий Павлович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Прокашев Алексей Михайлович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии и методики обучения географии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», член-корр. РАЕН

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого»**

Защита диссертации состоится « 9 » октября 2019 г. в 15.00 на заседании диссертационного совета Д 006.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Агрофизический научно-исследовательский институт» по адресу: 195220, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14, тел: 8(812)534-13-24; факс: 8(812)534-19-00; e-mail: office@agrophys.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Агрофизического научно-исследовательского института и на сайте <http://www.agrophys.ru>, с авторефератом – на сайте <http://vak.ed.gov.ru> и <http://agrophys.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направлять по адресу: 195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14, ФГБНУ АФИ.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 006.001.01
доктор биологических наук

_____ Канаш Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Одно из главных преимуществ гидроморфных почв, к которым относятся и выработанные торфяники, заключается в реальной возможности оперативного управления водным режимом этих объектов путем шлюзования (Н.Н. Бамбалов, 2002; А.И. Барсуков, 1996,1998; В.М. Белковский и др., 2002; И.Н. Скрынникова, 1961). Такая система шлюзов была оборудована на многих отработанных фрезерным путем торфяниках РФ в т.ч. и в Кировской области. Однако дальнейшая эксплуатации шлюзового хозяйства не показала ожидаемую его эффективность и оперативность в управлении (Ю.В. Зверков, 1982). Основные причины – недостаточная изученность особенностей агрофизических свойств выработанных торфяников, что впоследствии и отразилось на качестве технической документации и всей системы управления водным режимом. При проектировании этих систем совершенно не просчитывалась агроэкологическая ситуация с быстро меняющимся микрорельефом выработок, обусловленным техногенной сработкой залежи и невыравненностью болотного дна.

Степень изученности темы. В зоне Северо-Востока Европейской части РФ вопросы регулирования водного режима в разное время решались с помощью систем открытой и закрытой осушительной сети, работающих большей частью на сброс избыточной влаги (В.Г. Александров, 1982; Г.Н. Афанасик, 1975; Б.С. Маслов, 2008). Попытки управлять движением грунтовых вод посредством специально оборудованных задвижек-шлюзов предпринимались в основном на опытных полях и в производстве большого распространения не получили (А.Ф. Тимофеев, 1974, 1980). На торфяных объектах этот прием в основном был направлен на поддержание противопожарной безопасности полей при торфодобыче (А.И. Голованов, 2015). Вопрос эффективности двустороннего регулирования водного режима выработанных торфяников, используемых в кормопроизводстве, остается практически не изученным.

Цель работы: дать агроэкологическую и производственную оценку эффективности функционирующей системы регулирования водного режима старопашотных выработанных торфяников, используемых в кормопроизводстве.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить физические, водно-физические, агрохимические, почвенно-гидрологические и морфологические особенности старопашотных выработанных торфяников, а также определить влияние возвратно-поступательного вертикально-принудительного движения грунтовых вод на внутривертикальную перестройку гранулометрического состава подстилающей породы.
2. Определить оперативность работы и коэффициент полезного действия шлюза с учетом и без учета осадков, а также выявить степень их влияния на УГВ разно осушенных и разно сработанных участков.
3. Исследовать гидрохимический состав почвенно-грунтовых и сбросных вод.
4. Установить влияние подъема УГВ на температурный режим почвенного профиля, в том числе промерзания и оттаивания, а также приземного слоя воздуха выработанной торфяной почвы.

5. Оценить влияние регулируемого водного режима на влажность почвы, ее биологическое состояние и величину урожая кормовых культур, а также определить степень влияния близкорасположенных карбонатных пород на качественно-количественные показатели химического состава растений.

Научная новизна исследования. Впервые в условиях южной тайги Северо-Востока РФ была установлена техническая возможность и научно обоснованная целесообразность регулирования водного режима выработанных торфяников, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Впервые данная работа осуществлялась на старопахотных выработанных торфяниках, перешедших в отдел торфоземов (2004) (подтип: торфозем минерально-торфяный глеевый) или торфяных остаточных почв (подтип: дегроторфозем остаточно-оглеенный), согласно классификации белорусских исследователей (С.М. Зайко, 1997; Н.И. Смян, 1990). При оценке эффективности регулирования водного режима учитывался максимально возможный комплекс почвенно-климатических и агрофизических факторов, а также их влияние на урожайность и качество различных кормовых культур в составе производственного севооборота.

Особенностью работы является и то, что впервые исследования проводились на производственных полях кормового севооборота, где предельно сработанная залежь близко подстилается пермскими мергелизованными краснокоричневыми и пестроцветными суглинками и глинами. Результаты исследований на опытных полях сравниваются с данными, полученными на производственных участках со стихийно складывающимся водным режимом.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные позволяют, прежде всего, теоретически обосновать необходимость управления водным режимом выработанной торфяной залежи, выяснить роль принудительно движущихся почвенно-грунтовых вод в структурной перестройке профиля выработок разной степени сработки, в сдерживании минерализации остаточного торфа и в снижении пожароопасности полей. Достоверно установлен коэффициент полезного действия шлюзового хозяйства в условиях длительной сельскохозяйственной культуры на выработанных торфяниках. Результаты исследований могут быть использованы в качестве почвенно-гидрологического обоснования при доработке проектно-сметной документации двустороннего регулирования водного режима этих объектов. Данные позволяют разработать технологическую схему-график управления глубиной залегания грунтовых вод с учетом биологических особенностей выращиваемых кормовых культур в течение вегетационного периода и календарного года.

Методология и методы исследований. Методологической основой диссертационной работы послужили системный подход к анализу научных трудов по вопросам сельскохозяйственного использования выработанных и торфяных почв на фоне регулируемого водного режима, а также комплексные исследования их агроэкологических аспектов. При изучении почвенных разновидностей использовались морфологический и сравнительно-аналитический методы, изучение водно-физических и агрохимических почвенных показателей, а также

химический состав полученного сырья осуществлялись с использованием химических: гравиметрического и титриметрического методов, физических: атомно-эмиссионный анализ и физико-химических методов: потенциометрический анализ. При оценке биологической активности почвы применялись методы разложившейся целлюлозы и продуцируемого диоксида углерода. Обработка полученных результатов проводилась с использованием математических и статистических методов.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Агроэкологическая пригодность старопахотных выработанных торфяников к дальнейшему сельскохозяйственному использованию.
2. Условия эффективного управления водным режимом выработанных торфяников в условиях «климаксного» состояния торфяной залежи. Основные причины, усложняющие этот процесс.
3. Качество ионного состава почвенно-грунтовых и сбросных вод торфяной залежи, подстилаемой карбонатными породами.
4. Параметры теплового режима почвенного профиля и приземного слоя воздуха, режим промерзания-оттаивания в зависимости от УГВ.
5. Безопасный диапазон влажности почвы в условиях разной степени сработки торфа, положения УГВ и количества атмосферных осадков, уменьшающий торфоразрушительные процессы. Производственный эффект от регулирования водного режима.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов обусловлена тем, что все гидрохимические и гранулометрические исследования были проведены с участием испытательного центра ФГБУ государственного центра агрохимической службы «Кировский» в соответствии с метрологически аттестованными методиками. Лаборатория аккредитована в системе аккредитации аналитических центров Росстандарта России. Аттестат об аккредитации № РОСС RU.0001.21 ПШ68 от 15 июля 2014 г. Химические и агрохимические исследования растительных и почвенных образцов выполнены в лаборатории ФГБУ «Кировская ЛОС». Оценка достоверности полученных материалов базируется на основе анализа полевых и лабораторных материалов с использованием статистических методов.

Апробация работы. Результаты работы были доложены и обсуждены на следующих международных, всероссийских, межвузовских и региональных научно-практических конференциях и съездах.

- Международные конференции: Тверь (2013, 2014, 2015, 2017), Москва (2014, 2015, 2016, 2017, 2018), С-Петербург-Пушкин (2016), Киров (2018).

- Всероссийские конференции: Киров (2015), Сыктывкар (2015).

- Межвузовские конференции: Киров (2014, 2015, 2016).

- Региональные школы молодых ученых: Киров (2016).

- VII съезд общества почвоведов им. В.В. Докучаева: Белгород (2016).

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 6 из них в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Организация исследования и личный вклад соискателя. Экспериментальная работа выполнена в ФГБУ «Кировская лугоболотная опытная станция» в период 2013-2018 – по Государственному заданию 04.17.02. «Разработать стратегию адаптивной интенсификации полевого кормопроизводства по зонам страны на основе оптимизации параметров качества различных видов кормов», тема: «Влияние двустороннего регулирования водного режима на агрофизические, гидротермические свойства и продуктивность выработанных торфяников в подзоне южной тайги Северо-Востока Европейской части РФ». Общий личный вклад соискателя в объеме диссертационных исследований составляет не менее 85 %. Диссертант лично выбрал объекты и проводил все полевые и большую часть лабораторных исследований, самостоятельно проводил анализ полученных данных и статистическую обработку. Доля личного участия в опубликованных научных трудах в целом составляет 86 %, в т.ч. в статьях из журналов, рекомендованных ВАК, 79 %.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 233 страницах машинописного текста, содержит 42 таблицы и 55 рисунков; состоит из введения, 6 глав, выводов, предложений производству, списка литературы и приложений. Список литературы включает 349 источников, в том числе 38 иностранных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При кажущемся обилии специализированной литературы по оценке почвенно-гидрологических, водно-физических и морфологических свойств выработок, способов и эффективности регулирования водного режима, его влияния на свойства выработанных почв, продуктивность и качество культур, работ, где бы все эти вопросы учитывались в комплексе, взаимосвязи, не так много. Поэтому, представленный обзор и сама работа в значительной степени дополняет уже имеющуюся информацию.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования. Основной объект исследований – типичный для Северо-Востока Нечерноземной зоны выработанный низинный торфомассив «Гадовское» общей площадью 3000 га, расположенный в 30 км от г. Кирова. В качестве опытного участка были выбраны ранее не изученные производственные поля кормового севооборота площадью 90 га (рис. 1) с максимально управляемым посредством шлюза водным режимом.

В структуре севооборота представлены все основные кормовые культуры, используемые при кормлении КРС: многолетние бобовые и злаковые травы (60%), однолетние силосные и зернофуражные (40%). Сорты культур – районированные для Волго-Вятского региона. Нормы удобрений в зависимости от культуры варьируют в пределах N_{90-160} P_{60-90} $K_{120-160}$ кг/га д.в. Основные элементы агротехники: осенняя вспашка, весеннее дискование, посев и внесение удобрений одновременно, предпосевное и послепосевное прикатывание почвы. Весь севооборот вместе с опытным участком выгодно отличается от остальной территории торфомассива «Гадовское» сравнительно близким расположением к

корнеобитаемому слою карбонатной породы – мергелизованных суглинков и глин.

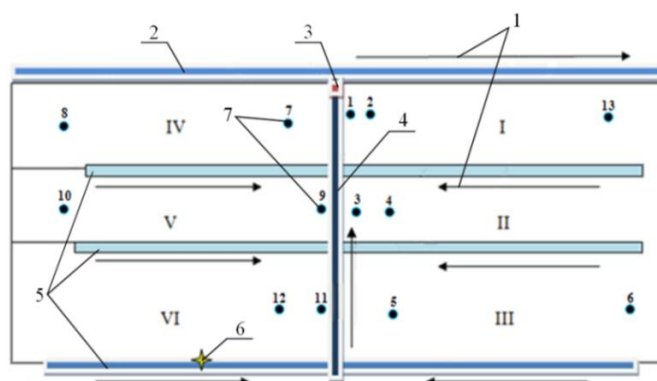


Рисунок 1 – План-схема опытного участка

I-VI – нумерация полей; 1 – направление уклона полей и течения воды в каналах; 2 – магистральный канал; 3 – шлюз; 4 – транспортирующий собиратель (шлюзуемый канал); 5 – открытые осушительные каналы; 6 – подземный ключ; 7 – ключевые участки с номерами.

Для проведения наблюдений на полях опытного участка в зависимости от мощности остаточного слоя торфа, возделываемой культуры, расположения в рельефе, нормы осушения и степени регулируемости водного режима было оборудовано 13 ключевых участков (КУ). Основной принцип выбора этих участков – объективно отразить, образовавшуюся в результате 40-летнего сельскохозяйственного использования, почвенную пестроту старопахотных выработанных торфяников. Для соблюдения принципа единственного различия у каждого КУ имеется аналог, отличающийся каким-либо единственным параметром – степенью осушения, слоем торфа и др. Кроме этого, в рамках уже всего торфомассива «Гадовское» сравнивалась хозяйственная урожайность культур-аналогов на полях с управляемым и стихийно складывающимся водным режимом.

Агрометеорологические условия в период наблюдений. Относительно средней многолетней нормы (536 мм), 2016 год по среднегодовому количеству выпавших осадков (442 мм) отмечен как наиболее засушливый за период исследований (более засушливый, близкий к сухому), 2014 (532 мм, в пределах средней многолетней нормы) и 2015 (498 мм, слабо засушливый) годы соответствуют средней многолетней норме, а 2017 (656 мм, влажный) год превышает среднюю многолетнюю норму. По количеству выпавших осадков за вегетационный период 2016 год также был наиболее засушливым (140 мм). Менее засушливым по сравнению с ним был вегетационный период 2015 года (234 мм) и ближе всего к норме были 2014 (252 мм) и 2017 (254 мм) годы.

Относительно средней многолетней нормы (14,4 °С), температура воздуха в среднем за вегетационный период в 2014-2015 годах (умеренные) была ближе к норме, в 2016 году она была на градус выше (теплый), а в 2017 на градус ниже (прохладный) средней многолетней нормы.

Методы исследований. Водно-физические свойства почвы определялись методами вегетационных миниатюр и насыщения, а также методами А.В. Николаева (1936), С.И. Долгова (1970) и Ф.Р. Зайдельмана (1966). Уровень грун-

товых вод определяли с помощью специально оборудованных смотровых скважин. Влажность почвы определяли термостатно-весовым способом. При определении гранулометрического и микроагрегатного состава подстилающих пород использовался зерновой и пипеточный метод Н.А. Качинского (1970) (ГОСТ 12536-79 Грунты). Агрохимические показатели почвы определялись по И.В. Тюрину, А.В. Соколову, А.Т. Кирсанову, Кьельдалю, Каппену-Гильковицу, а также общепринятыми потенциометрическими и трилометрическими методами. Температура в пределах пахотного слоя измерялась с помощью коленчатых термометров Савинова и электротермометров АМ-2М, а в более глубоких слоях – с помощью почвенно-вытяжных термометров. Замер температуры воздуха осуществлялся с помощью минимальных (ТМ-2) и максимальных (ТМ-1) термометров. Промерзание и оттаивание определялись буровым методом и методом шурфов. Оценка биологической активности почвы осуществлялась по методу В.И. Штатнова (1952) и Е.Н. Мишустина (1972). Химический состав растений – по Рушковскому, Кьельдалю, Геннебергу и Штоману, а также ванадомолибдатным методом. Учет урожая на делянках проводился укосным методом в шестикратной повторности, а в производственных условиях – сплошным методом. Математическая обработка результатов исследований проводилась по Б.А. Доспехову (1985) и Е.А. Дмитриеву (1972) с использованием прикладной программы МО Excel 2007.

ГЛАВА 3. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И СВОЙСТВА СТАРОПАХОТНЫХ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ

3.1. Физические и водно-физические свойства

В таблице 1 представлено описание профилей нескольких наиболее типичных выработанных участков с послойной характеристикой основных физических и водно-физических свойств. Следует отметить, что все участки, на которых были заложены разрезы, находились в непосредственной близости друг от друга. Это обстоятельство, а также данные таблицы 1 свидетельствуют о большом разбросе агрофизических показателей в пределах корнеобитаемого слоя и обследуемой площади. Подобная почвенная пестрота является вполне типичным явлением для выработанных торфяников.

Таблица 1 – Физические и водно-физические свойства выработанных торфяников

КУ	Глубина, см.	Порода	УМ	ОМ	% на абсолютно сухую почву					ВЗ:
			г/см ³		ПВ	НВ	ВРК	ВЗ	МГ	МГ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Минеральная постторфяная почва										
2	0-21	Торф опесчаненный	2,28 ±0,03	0,98 ±0,06	80,31 ±4,13	73,56 ±3,73	48,76 ±1,46	13,30 ±1,88	3,91 ±0,15	3,40
	21-90	Среднезернистый песок от светлого до темно-серого цвета	2,77 ±0,07	1,63 ±0,06	24,20 ±1,19	19,80 ±0,66	2,70 ±0,07	0,95 ±0,15	0,67 ±0,05	1,42
	90-120	Легкий суглинок серо-сизого цвета	2,70 ±0,04	1,52 ±0,08	26,10 ±1,51	22,80 ±0,23	12,50 ±1,46	6,94 ±0,24	5,71 ±0,67	1,22
Торфяно-глеевая остаточная почва										
5	0-30	Торф травянисто-древесный, распыленный	1,70 ±0,05	0,28 ±0,01	288,73 ±10,60	242,74 ±10,01	177,08 ±12,21	64,58 ±1,07	29,53 ±1,45	2,19
	30-55	Среднезернистый песок серого цвета	2,60 ±0,07	1,63 ±0,06	23,50 ±1,00	18,60 ±0,47	2,70 ±0,07	1,77 ±0,13	1,52 ±0,07	1,16

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	55-110	Средний суглинок кирпично-бурого цвета с включениями карбонатного щебня	2,62 ±0,04	1,69 ±0,09	28,32 ±0,95	26,07 ±0,61	21,34 ±1,93	8,29 ±0,59	4,63 ±0,24	1,79
Торфяная маломощная остаточная почва										
8	0-20	Торф травянисто-древесный, распыленный	1,64 ±0,06	0,26 ±0,01	310,00 ±6,12	261,58 ±12,33	147,67 ±6,09	60,57 ±0,86	19,88 ±1,32	3,05
	20-60	Торф травянисто-древесный, уплотненный темно-коричневого цвета	0,99 ±0,05	0,23 ±0,01	380,77 ±11,10	355,52 ±9,53	290,97 ±13,39	79,25 ±4,65	23,17 ±1,23	3,42
	60-105	Торф травянисто-древесный сильно уплотнен	1,37 ±0,01	0,25 ±0,03	379,84 ±7,10	336,19 ±4,22	289,51 ±7,49	72,49 ±3,28	21,25 ±1,18	3,41
	110-140	Среднезернистый песок серовато-охристого цвета	2,77 ±0,07	1,63 ±0,06	24,20 ±0,67	19,20 ±0,46	2,70 ±0,07	0,95 ±0,15	0,67 ±0,05	1,42
Минеральная постторфяная почва с погребенным торфом										
9	0-35	Органоминеральный субстрат, образовавшийся при прокладке канала	2,17 ±0,06	1,35 ±0,03	33,70 ±1,77	27,01 ±1,48	20,91 ±0,34	8,30 ±0,61	4,36 ±0,16	1,90
	35-45	Торф древесно-осоковый, уплотненный, темно-коричневого цвета	1,11 ±0,05	0,18 ±0,02	400,25 ±8,42	350,06 ±5,17	230,71 ±11,05	82,00 ±4,69	23,77 ±1,87	3,45
	45-60	Торф древесно-осоковый, коричневого цвета, менее уплотнен	0,87 ±0,04	0,12 ±0,01	510,10 ±7,97	440,66 ±7,74	310,13 ±8,94	96,00 ±6,54	26,72 ±1,82	3,59
	65-110	Среднезернистый песок, серого цвета	2,77 ±0,07	1,63 ±0,06	24,00 ±1,48	19,60 ±0,53	2,70 ±0,07	0,95 ±0,15	0,67 ±0,05	1,42

Примечание: 95%-ный доверительный интервал для среднего значения ($\bar{x} \pm t_{0,5} s_{\bar{x}}$).

3.2. Физико-химические и агрохимические свойства

Главной отличительной особенностью опытного участка является ситуация по кислотному режиму и насыщенности почвенно-поглощающего комплекса (ППК) основаниями. На подавляющем большинстве контрольных участков значение pH_{KCl} склоняется в щелочную сторону (6,1-7,8). Отмечено низкое содержание подвижного алюминия (0,01-1,80 мг/100 г почвы), невысокое значение гидролитической кислотности (Н) (0,15-59,00 мг-экв/100 г почвы) и относительно высокое содержание оснований (СаО, MgO) (до 163,0 мг-экв/100 г почвы). В результате степень насыщенности ими достигает весьма высоких значений, увеличивающихся по мере близости к карбонатным породам (до 99,7%). Содержание кальция в некоторых придонных торфяных горизонтах достигает 4-5%. Все это позволяет отнести опытно-контрольные участки к достаточно высокому уровню потенциального плодородия.

3.3. Гидрохимический состав почвенно-грунтовых и сбросных вод

В настоящей работе почвенно-грунтовые воды служат основным инструментом управления плодородием выработок, поэтому необходимо было изучить их гидрохимический состав на агроэкологическую пригодность, а также проследить динамику изменения ионного состава сбросных вод на стационаре по пути их следования через осушительную сеть.

За исходное состояние был взят образец воды в одном из ключей. Далее сбросные воды отбирались через каждые 2-5 км до самого водоприемника торфомассива (р. Быстрица). Степень жесткости и минерализации оценивались по шкале О.А. Алекина (1977).

Наблюдения показали, что по мере удаления от ключа, концентрация всех определяемых элементов увеличивается в несколько раз. Также увеличивается содержание органического вещества (ОВ) и величина водородного показателя.

Многokратное увеличение общей минерализации сбросных вод объясняется интенсивным вымыванием зольных элементов из корнеобитаемого слоя почвы.

Таблица 2 - Химический состав сбросных и грунтовых вод т/м «Гадовское», среднее за 2013-2014 г.г.

Место отбора	pH	Перманганатная окисляемость, мг/л	Анионы, мг/л					Катионы, мг/л				
			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Fe (общ.)
Сбросные воды												
Подземный ключ (исходное)	7,5 ±0,00	2,3 ±0,10	<10,00 ±0,50	11,10 ±5,20	<0,05 ±0,00	24,40 ±0,70	277,60 ±21,35	0,07 ±0,02	59,90 ±2,20	25,40 ±1,65	0,88 ±0,13	0,13 ±0,05
Шлюз (через 2 км)	7,9 ±0,00	5,1 ±0,20	12,00 ±0,90	21,80 ±2,85	<0,05 ±0,00	17,90 ±2,40	274,50 ±18,30	0,19 ±0,00	57,00 ±2,70	27,60 ±0,55	0,83 ±0,18	0,32 ±0,05
На входе в основной водоприемник (через 5 км)	7,8 ±0,10	12,4 ±1,60	16,30 ±0,50	31,00 ±14,00	0,10 ±0,02	28,30 ±0,95	295,90 ±3,05	0,48 ±0,03	73,60 ±2,25	27,00 ±1,70	1,50 ±0,10	0,86 ±0,10
Грунтовые воды												
Многолетние злаковые травы	7,0 ±0,50	27,6 ±22,50	11,10 ±1,10	51,30 ±6,55	0,13 ±0,08	1,03 ±0,37	313,60 ±21,95	0,59 ±0,14	76,70 ±1,50	30,20 ±2,05	1,85 ±0,35	1,53 ±1,13
Однолетние травы	7,3 ±0,16	22,6 ±5,15	15,00 ±4,30	60,10 ±33,80	0,16 ±0,03	66,20 ±54,55	283,20 ±100,15	0,64 ±0,33	84,40 ±6,20	30,20 ±0,20	1,10 ±0,70	0,60 ±0,05

Примечание: ошибка выборочной средней ($s_{\bar{x}}$).

Химический состав грунтовых вод под кормовыми культурами имеет некоторые отличия от сбросных. Здесь отмечено более высокое содержание ОВ и большинства определяемых ионов. Содержание катиона K⁺ и аниона Cl⁻ в обеих водах практически одинаковое по-видимому благодаря их высокой подвижности (табл. 2).

Таким образом, по совокупности данных, представленных в таблице 2, сбросные и грунтовые воды независимо от глубины и места их отбора относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Воды не являются агрессивными по отношению к различным маркам бетона, что очень важно при планировании и сооружении водорегулируемых гидротехнических конструкций. Для нормального функционирования кормовых культур ионный состав грунтовых вод также считается вполне благоприятным.

3.4. Гранулометрический состав пород, подстилающих торфяную залежь

На выработанной части болота, где проводятся исследования по эффективности шлюзования, мощность песков составляет 0,7-1,0 м. Глубже идет взаимное переслаивание озерно-илистых глин, супесей и суглинков. На глубине 2-3 м профиль подстилается верхнепермскими пестроцветными красно-бурыми и красно-коричневыми мергелизованными глинами татарского и казанского ярусов. С глубины 3-5 м до 8-10 м расположены водонасыщенные, коричневые трещиноватые аргиллиты. Типичным для опытного участка, и для гидроморфных почв в целом, является также наличие в почвенном профиле одного или нескольких глеевых горизонтов, выполняющих роль временного водоупора в силу их низкой водопроницаемости.

ГЛАВА 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ШЛЮЗА-РЕГУЛЯТОРА

4.1. Конструктивные особенности и характеристика шлюза-регулятора

Оборудованные на опытном участке регуляторы-переезды представляют собой одну или две нитки круглых раструбных труб, уложенных на уровне дна канала под насыпью дорожного полотна с оголовками порталного типа в верхнем и нижнем бьефах. Оголовок верхнего бьефа сооружения оборудован

ковшовым (коробчатым) затвором, являющимся по своей сути разновидностью поверхностного щитового затвора переливного типа с формой щита в виде короба.

4.2. Характеристика осушительно-увлажнительной системы опытного участка

Длина транспортирующего собирателя (шлюзуемого канала) составляет около 600 м при уклоне 0,06. Уклоны впадающих в него открытых осушительных каналов составляют от 0,01 до 0,21, они не пересыхают и позволяют своевременно отводить избыточную воду с участка.

При открытом шлюзе уровень воды в канале возле самого входного оголовка составляет около 30 см и снижается по мере удаления от него. После закрытия шлюза величина подъема воды в канале в зависимости от удаленности от шлюза составляет 70-100 см. В открытых осушителях величина подъема воды варьирует в пределах 40-70 см.

4.3. Факторы, ограничивающие функциональные возможности шлюзового хозяйства

На эффективность работы шлюза влияют следующие факторы.

Рельеф. Вследствие невыравненности болотного дна и продолжающейся биохимической сработки остаточного торфа, в скоротечном режиме меняется рельеф поверхности этих объектов. Работоспособность шлюза на опытном участке, согласно проекту, рассчитывалась для условий свежесвыработанных полей, когда поверхность была идеально ровной. Однако, в процессе сорокалетнего их использования ситуация кардинально изменилась. Так, по данным последней нивелировки створов с контрольными точками разница в высоте отметок в границах производственного участка достигает нескольких метров (рис. 2).

Следующее обстоятельство, существенно усложняющее эффективность шлюзования – *большая пестрота почвенного покрова*, связанная с неравномерным размещением по территории остаточного слоя торфа.

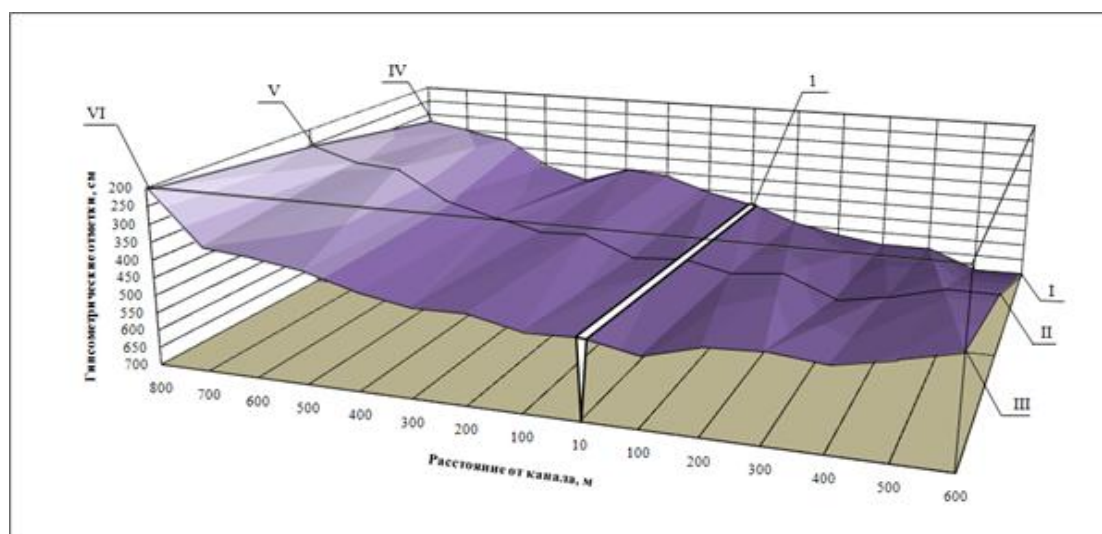


Рисунок 2 – Рельеф полей опытного участка

1 – шлюзуемый канал;

I-VI – номера линий уклонов полей, проходящих вдоль створов со смотровыми скважинами (номера линий соответствуют номерам полей, вдоль которых они проходят).

Зондирование опытных полей позволило выявить следующую ситуацию: около 50% территории представлено полностью сработанными участками (дегумификация остаточного слоя торфа, торф в чистом виде отсутствует), 20-30% занимают участки с торфяно-глеевой остаточной почвой (торф 30-50 см), около 20% с торфяной маломощной остаточной (торф 50-100 см) и около 1% с торфяной среднетощной остаточной почвой (торф 100-150 см) (рис. 3). Здесь фактор оторфованности как бы накладывается на особенности рельефа и в совокупности складывается не совсем благоприятная ситуация в плане эффективного управления водным режимом.

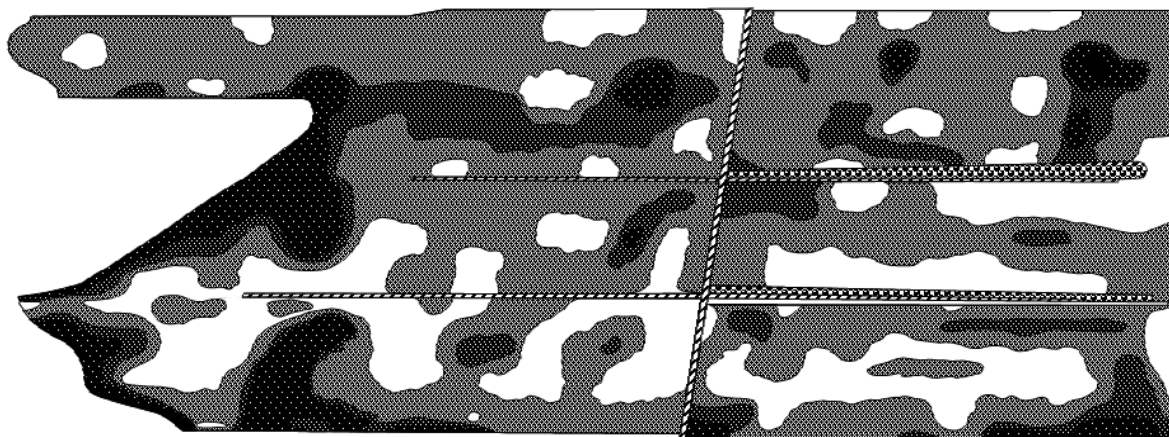


Рисунок 3 – Мощность остаточного слоя торфа, см.

■ – >100; ■ – 50-100; ■ – 30-50; ■ – 0-30; □ – 0;

Еще один фактор, не всегда учитываемый при составлении проектов – это *свойства подстилающей породы*. Водно-физические свойства почвенного профиля разноразработанных участков и характеристика гранулометрического состава подстилающей торфяную залежь минерального грунта, указывает на крайне сложную морфологию профиля в районе верхней части активного водоносного слоя, что существенно затрудняет гидрологические расчеты осушительной сети.

4.4. Территория кормового севооборота, контролируемая шлюзом

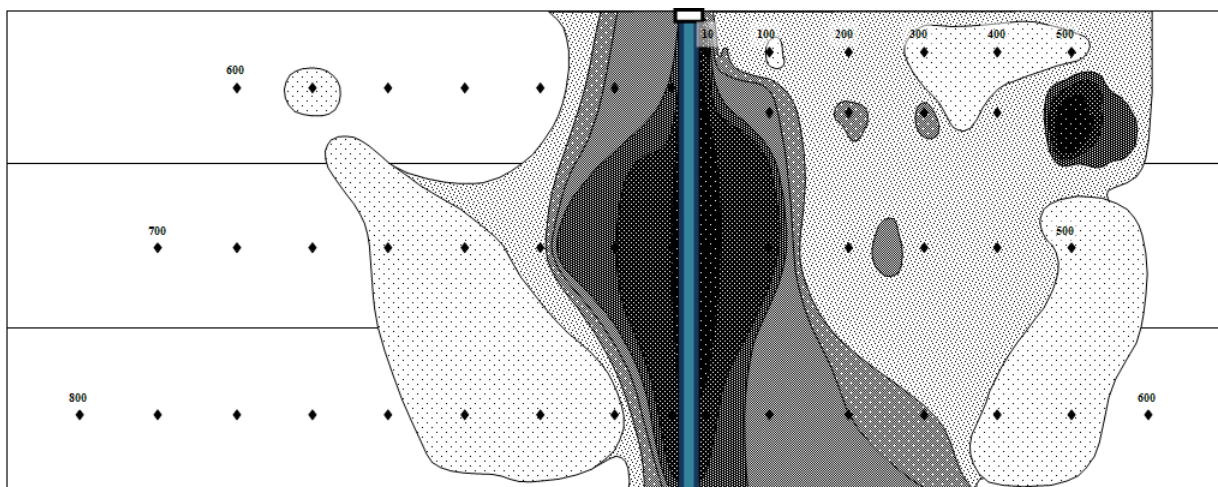


Рисунок 4 – Зона влияния шлюзуемого канала на УГВ опытного участка

Величина поднятия УГВ, см:

■ – 61-70 ■ – 51-60 ■ – 41-50 ■ – 31-40 ■ – 21-30 ■ – 11-20 □ – 1-10

Из-за указанных выше особенностей регулирования водного режима на данном участке, величина, на которую удалось поднять УГВ после закрытия шлюза, сильно различается (рис. 4). Как видно на рисунке, она уменьшается по мере удаления от шлюзуемого канала. Исключение составляет лишь периодически затапливаемая область в конце первого поля. Территория, на которой удается поднять УГВ путем инфильтрации воды из шлюзуемого канала (в том числе затапливаемая область 1,0-1,5%), составляет 65% от общей площади опытного участка. Около 35% территории остаются не подконтрольными действию шлюза. Характер уклонов местности не позволяет на некоторых полях (4 поле) распространиться влиянию шлюза на УГВ дальше 150 м от шлюзуемого канала.

4.5. Временной фактор, ограничивающий эффективность шлюзов

Режим работы шлюза. В результате исследований определилось время заполнения шлюзуемого канала. Для этого требуется всего 4-5 часов. Дальнейшие наблюдения показали, что время наступления полного гидростатического равновесия по всей остальной гидросистеме в течение сезона существенно отличается. Так, в летний период полное заполнение системы водой происходит в среднем по годам на 9-10-й день после закрытия шлюза. В экстремально жаркую и сухую погоду это время может растянуться до 2-3 недель. Осенью этот период из-за обильных осадков ускоряется до 4-6 дней. После открытия шлюза наступление гидростатической стабильности независимо от сезона без учета осадков составляет 4-5 дней. Чем дальше участок расположен от шлюзуемого канала, тем больше времени на нем занимает стабилизация УГВ. Кроме того, на более удаленных от шлюзуемого канала участках, как правило, слабее выражено его увлажняющее действие, доминирующая роль в формировании которого здесь начинает отводиться осадкам.

В результате проведенных наблюдений за динамикой изменения УГВ, вызванной манипуляциями со шлюзом, был установлен волнообразный характер внутрипочвенного горизонтального распространения свободной влаги, схематично представленный на рисунке 5.

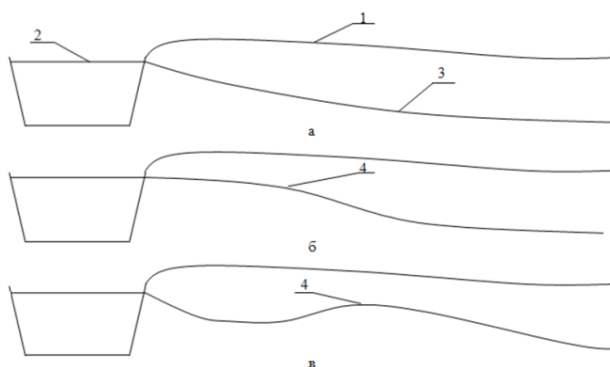


Рисунок 5 – Схема движения воды от канала по профилю поля:

1 – поверхность поля; 2 – уровень воды в канале; 3 – УГВ на поле; 4 – волна

Поэтому в скважинах, расположенных возле канала, УГВ сначала повышается (рис. 5, б), а затем падает (рис. 5, в). Так же происходит на протяжении всего поля до полной стабилизации УГВ.

ГЛАВА 5. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

5.1. Динамика уровня грунтовых вод

Проанализировав сезонные изменения УГВ на различных участках опыта, была отмечена следующая динамика: *весенний подъем грунтовых вод* (конец марта/начало апреля), шлюз в это время, как правило, открывается (если был закрыт на зиму) с целью сброса талых вод. *Летнее понижение УГВ* (конец мая/начало июня), в это время, по завершению весенне-полевых работ, происходит закрытие шлюза, с целью не допустить сильного понижения грунтовых вод и обеспечить необходимую влажность почвы в начале вегетационного периода (рис. 6).

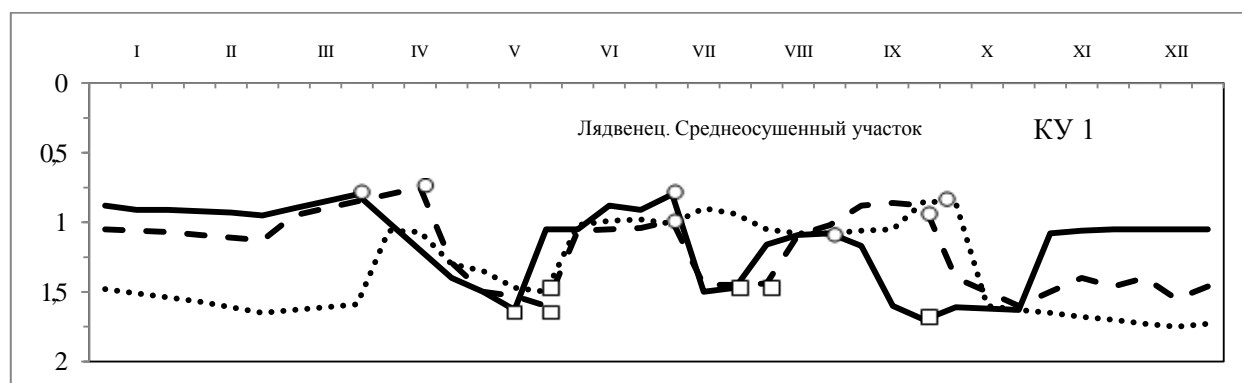


Рисунок 6 – Годовая динамика УГВ на выработанной залежи
— 2014 г. - - - 2015 г. 2016 г.
○ - открытие шлюза; □ - закрытие шлюза.

В летний период УГВ в основном зависит от положения шлюза, которое обуславливается погодными условиями конкретного года. *Осеннее повышение УГВ*, вызванное снижением испарения и частыми осадками, сменяется, как правило, открытием шлюза и дальнейшим падением УГВ, минимум которого, по нашим данным, приходится на конец февраля – начало марта. Имеющееся предположение о том, что при закрытом шлюзе снижаются колебания УГВ, вызванные влиянием внешних факторов (отсутствием осадков, интенсивным испарением и т.д.), частично подтвердилось. То есть, максимально возможное снижение амплитуды колебаний УГВ на регулируемой территории опытного участка возможно лишь при условии закрытия шлюза только в летний период без закрытия на зиму.

5.2. Влияние атмосферных осадков на режим грунтовых вод

Наблюдения за влиянием атмосферных осадков на режим грунтовых вод позволили установить, что разовое выпадение более 15-20 мм приводят к повышению УГВ независимо от степени оторфованности участка. Однако, чем меньше слой остаточного торфа, тем быстрее выпадающие осадки проникают к зеркалу грунтовых вод. Более оперативно на выпадение осадков реагируют менее осушенные участки, особенно, если торфяная залежь на них подстилается песками или супесями, а глеевая прослойка не препятствует проникновению осадков. В противном случае, последняя может приводить к образованию верховодки в период обильных дождей.

5.3. Влияние уровня грунтовых вод на режим промерзания-оттаивания выработанных торфяников

При наступлении морозного периода до момента образования устойчивого снежного покрова, разницы в интенсивности промерзания на разно осушенных участках с полностью сработанным слоем торфа отмечено не было. Тогда как в условиях наступления холодов при сформировавшемся снежном покрове отмечено, хотя и слабое (максимальная глубина промерзания меньше на 37%), но преимущество менее осушенного участка. Аналогичная ситуация отмечена и на участках с торфяной маломощной остаточной почвой (максимальная глубина промерзания меньше на 28%).

По нашему предположению, грунтовые воды в зимний период хотя и не значительно, но, как правило, способствуют охлаждению водонасыщенной части профиля. Зимние замеры температуры воды показали, что на выходе из водоснабжающего ключа температура составляет 1,2 °С, в канале – 0,5-1,0 °С, на поле 1,0-1,5 °С. На более обводненных участках теплопроводность промораживаемой части почвы несколько выше, что способствует более глубокому проникновению холода, чем, вероятно, и обусловлено более глубокое промерзание слабо осушенных участков в те годы, когда наступление морозов происходит до формирования устойчивого снежного покрова.

Таким образом, ввиду того, что наполнение шлюзуемого канала и постоянная его подпитка в течение всего года осуществляется в основном за счет ключевой воды, которая имеет довольно низкую температуру, предполагаемый утепляющий эффект от подпора такой водой, за исключением отдельных участков, выражен весьма слабо или почти отсутствует. Однако, весной полное оттаивание на слабо осушенных участках, даже при большем их промерзании, наступает на 4-6 дней раньше, чем на хорошо осушенных участках. Наиболее важная роль в режиме промерзания и оттаивания на опытном участке отводится снежному покрову, а также складывающимся в конкретный год метеорологическим условиям.

Различий в интенсивности промерзания на оторфованных и не оторфованных участках при прочих равных условиях нами не выявлено. В то время как полное оттаивание на оторфованных участках в отличие от участков с полностью сработанным слоем торфа наступает, как правило, позднее на 1-2 недели.

5.4. Влияние движения грунтовых вод по профилю на гранулометрический состав подстилающей породы

В связи с многократным вертикальным возвратно-поступательным движением по почвенному профилю зеркала грунтовых вод в процессе управления водообеспечением выработанных торфяников, нами было сделано предположение о том, что водно-взвешенные глинисто-илистые фракции, проникая в верхний песчаный слой, фиксируются в этой части профиля. Однако сравнительная характеристика образцов в контрольных горизонтах не выявила существенных изменений в содержании пылевато-илистых фракций. По-видимому, трехлетнего срока для этого недостаточно.

5.5. Влажность профиля почвы и динамика влагозапасов в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и режима использования

Периодическое поднятие и снижение УГВ в результате манипуляций со шлюзом, оказывает непосредственное влияние на режим влажности почвы, т.е. послойного изменения содержания влаги, от которого зависят многие почвообразовательные процессы. В результате этого, в профиле формируется ряд почвенно-гидрологических горизонтов с различным водонасыщением и преобладанием различных форм влаги (рис. 7).

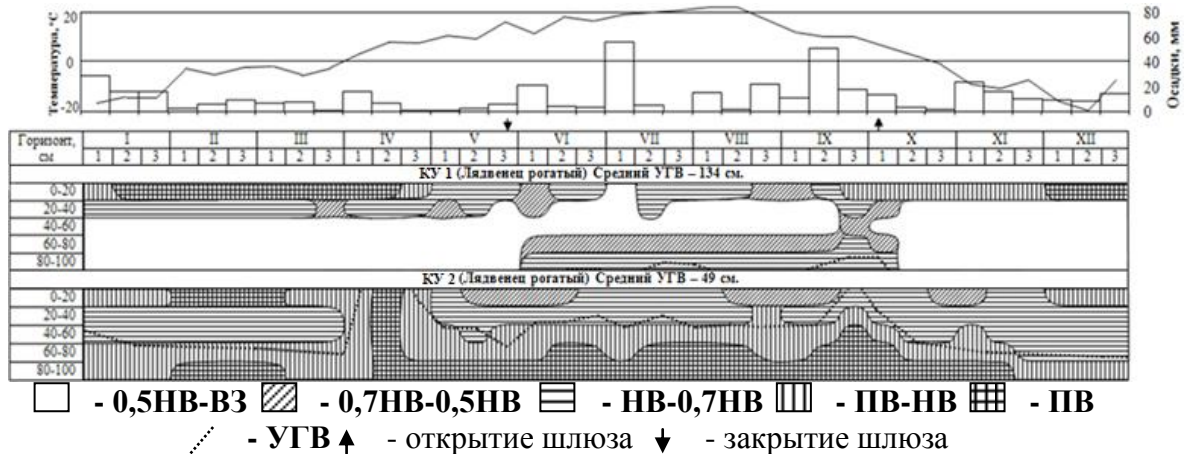


Рисунок 7 – Динамика влажности минеральной посторфяной почвы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, 2016 г.

На рисунке отчетливо видно, что периоды с преобладанием в почвенном профиле горизонтов с влажностью от средnedоступной (0,7НВ-НВ) до легкодоступной (ПВ), совпадают с периодами, когда шлюз опущен и УГВ поднят.

На участках с торфяной маломощной остаточной почвой такой отчетливой корреляции форм влаги с положением шлюза не наблюдается, поскольку дополнительными источниками влаги являются атмосферные осадки и зимне-весенний запас талых вод, аккумулированный торфяным слоем. Установлено, что наиболее стабильный режим влажности обычно формируется на более оторфованных участках, а безопасный диапазон УГВ на них больше, чем на полностью сработанных. Процесс подпочвенного увлажнения в сложившихся условиях весьма осложнен наличием часто встречающихся на опытном участке глеевых прослоек и подстилающих пород с тяжелым гранулометрическим составом.

ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

6.1. Влияние водного режима на температуру почвы и приземного слоя воздуха

Наблюдения за температурой показали, что в летний период (с апреля по сентябрь) пахотный горизонт хорошо осушенного участка вследствие более низкой теплоемкости прогревается лучше, чем на слабо осушенном участке, в то время как температура нижней части профиля (с 40 см) здесь на 1,5-2,0 °С ниже, чем на слабо осушенном (табл. 3).

Таблица 3 – Среднемесячная температура разно осушенных участков с минеральной постторфяной почвой в летне-осенний период (Среднее за 2014-2017 г.г.), °С

Глубина замера, см	Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	Диапазон УГВ, см		Диапазон УГВ, см		Диапазон УГВ, см		Диапазон УГВ, см	
	25-80	80-150	30-49	94-144	0-78	85-170	19-61	86-163
5	21,3±0,67	22,9±0,68	20,3±0,61	22,3±0,67	13,1±0,63	13,6±0,68	4,6±0,11	3,7±0,21
10	19,5±0,45	20,8±0,60	18,8±0,55	20,1±0,60	12,2±0,60	12,5±0,62	4,8±0,10	4,3±0,19
15	18,7±0,59	19,3±0,58	18,2±0,53	18,5±0,54	12,3±0,65	11,7±0,58	5,7±0,11	4,3±0,17
20	17,5±0,44	17,9±0,51	17,2±0,52	17,5±0,51	12,0±0,49	11,3±0,45	5,8±0,17	4,8±0,18
30	17,0±0,46	16,9±0,49	17,1±0,49	17,0±0,49	12,3±0,50	11,7±0,46	6,4±0,19	5,7±0,17
40	16,6±0,42	16,1±0,41	16,7±0,48	16,4±0,49	12,2±0,48	12,0±0,44	6,6±0,20	6,4±0,19
60	16,4±0,43	13,8±0,39	16,6±0,49	14,6±0,44	12,4±0,36	12,3±0,37	7,1±0,21	8,3±0,25
80	15,9±0,40	13,2±0,36	16,4±0,47	14,2±0,43	12,6±0,38	12,3±0,34	7,6±0,15	8,8±0,18
120	13,9±0,41	12,2±0,33	14,7±0,39	13,4±0,38	12,6±0,34	12,1±0,31	8,9±0,20	9,3±0,24
V, %	12,4	21,2	9,2	16,9	2,6	5,4	21,3	34,6

Примечание: ошибка выборочной средней ($s_{\bar{x}}$).

В сентябре температурный фронт по всему профилю обоих участков практически выравнивается. По мере выхолаживания и смены градиентов, ситуация меняется на обратную. Это несколько не согласуется с данными отдельных авторов, в частности И.И. Плюсина (1971), утверждающего, что осенью влажные почвы в глубинных горизонтах теплее сухих (табл. 3).

Каких-либо температурных изменений в пахотном слое, а также в приземном слое воздуха манипуляции со шлюзом не вызывают. В условиях более глубокого осушения непосредственное влияние грунтовых вод на тепловую ситуацию пахотного слоя и вовсе утрачивается, а интенсивность прогревания его в основном зависит от солнечной энергии, состояния травостоя и самого профиля. Вследствие этого, годовая амплитуда колебаний температур в пахотном слое хорошо осушенного участка больше, чем слабо осушенного.

Наиболее сильным утепляющим эффектом, препятствующим проникновению в почвенный профиль холодного воздуха, обладает снежный покров. По нашим данным, даже небольшая снежная прослойка снижает интенсивность морозов на поверхности почвы на несколько десятков градусов (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние высоты снега на температуру поверхности почвы

	10.11.2016		19.12.2016	
	УГВ 70 см	УГВ 165 см	УГВ 73 см	УГВ 175 см
Высота снега, см	19±0,66	18±0,59	46±0,82	41±0,91
t _{на поверхности почвы} , С°	-5,5±0,04	-6,0±0,11	-0,6±0,02	-2,3±0,07
t _{на поверхности снега} , С°	-31,6±0,17	-28,7±0,25	-39,0±0,21	-40,0±0,14
Разница температур, С°	26,1	22,7	38,4	37,7

Примечание: ошибка выборочной средней ($s_{\bar{x}}$).

Что касается температуры приземного слоя воздуха, то в целом, на оторфованных участках по сравнению с полностью сработанными, отмечается более раннее по времени наступление заморозков, которые к тому же гораздо сильнее. Главным фактором, влияющим на температуру приземного слоя воздуха, по нашему мнению, является рельеф. Затем идет степень оторфованности

участка и характер растительного покрова, на последнем месте – положение грунтовых вод, поскольку степень их влияния на температурные показатели не всегда достоверно подтверждается в течение года.

6.2. Влияние водного режима на биологическую активность почвы

Замеры эмиссии CO_2 и целлюлозолитической активности под однолетними и многолетними травами на разносработанных участках показывают, что чем выше УГВ и, как следствие, влажность почвенного профиля, тем ниже биологическая активность почвы. Практически по всем параметрам эта ситуация вполне согласуется с данными других авторов (Донских, Иванова, 1977, 1978; Загуральская, 1977; Наплекова, 1974). Следовательно, поднимая грунтовые воды до безопасного уровня, мы существенно снижаем темпы биохимической сработки оставшегося торфяного слоя.

6.3. Влияние водного режима на урожайность и качество кормовых культур

Урожайность кормовых культур. Поскольку в формировании влажности почвы принимают участие не только грунтовые воды, но и осадки (в том числе талые воды), то доля влияния подпочвенного увлажнения в формировании почвенной влажности, может варьировать в широких пределах.

Так, в 2014 и 2017 годах выявить преимущество регулируемого водного режима на старовозрастных многолетних травах нам не удалось, поскольку при достаточно высокой обеспеченности осадками, не было острой необходимости в дополнительном увлажнении. Тогда как в относительно сухой вегетационный период 2016 года отзывчивость как однолетних, так и многолетних кормовых культур к подпочвенному увлажнению была достаточно высокой (в среднем на 48,% выше, чем в 2015 г). В период формирования 1го укоса выпало всего 35 мм осадков, а урожайность многолетних трав составила 21,3 ц/га на средне и 29,6 ц/га на хорошо регулируемом участках ($\text{НСР}_{05} = 3,9$ ц/га). Урожайность лядвенца рогатого составила 16,7 ц/га на слабо и 22,9 ц/га на хорошо регулируемом участке ($\text{НСР}_{05} = 1,9$ ц/га). Урожайность зерна овса в 2016 году на участке с хорошо регулируемым водным режимом составила 59,6 ц/га, а на участке с не регулируемым – 41,3 ц/га ($\text{НСР}_{05} = 3,6$ ц/га). В производственных условиях урожайность зерна овса на полях с не регулируемым водным режимом в 2016 году составила в среднем 19,7 ц/га, а с регулируемым водным режимом – 25,5 ц/га. Положительный эффект подпочвенного увлажнения зерновых культур на опытном участке в среднем за 3 года исследований составил 29%, в производственных условиях – 34%.

Таким образом, эффективность шлюзования отмечалась нами, как правило, в относительно засушливые годы. На основании проведенных наблюдений, нами предложены следующие расчетно-рекомендуемые нормы осушения для возделываемых на опытном участке кормовых культур: лядвенец рогатый – 40-120 см (в зависимости от степени оторфованности участка); однолетние зерновые – 80-90 см на оторфованных участках и 60-80 см на сработанных; горохо-овсяная смесь – 90 см на оторфованных участках и 60-70 см на сработанных; многолет-

ние злаковые травы – 100-120 см на оторфованных участках и 90-100 см на сработанных.

Качество кормовых культур. Изучение химического состава растений, в зависимости от условий увлажнения и свойств подстилающей минеральной породы, позволили получить следующие результаты.

По основным показателям полученное сырье из всех кормовых культур соответствовало зоотехническим нормам. За исключением типичного для выработанных торфяников иногда встречающегося незначительного избытка калия и хронического недостатка фосфора. Относительно содержания клетчатки, жира, протеина и зольных элементов, следует отметить преимущество более оторфованных и менее осушенных участков.

В качестве предположения было высказано мнение о непосредственном влиянии близкорасположенных карбонатных пород на химический состав кормовых культур и, прежде всего, на содержание в них Р и Са. Однако сравнительная оценка наших данных с многолетними результатами по химическому составу культур на остальной части торфомассива «Гадовское» не выявила особых отличий.

ВЫВОДЫ

1. В процессе техногенной трансформации торфяной залежи образуются принципиально новые органоминеральные разновидности с довольно сложным переслоением различных по генезису и водно-физическим свойствам горизонтов. Состав подстилающей породы в пределах метрового профиля представлен весьма крайними значениями от песка рыхлого до тяжелой глины. Тем не менее, по совокупности свойств профиля старопахотные выработанные торфяники продолжают оставаться благоприятной средой обитания для большинства кормовых культур. Вертикальное возвратно-поступательное движение грунтовых вод не приводит к существенной внутрпочвенной перестройке гранулометрического состава профиля.
2. После закрытия шлюза в летний период гидростатическая стабильность наступает на 9-11-й день, осенью – на 4-6-й день. После открытия шлюза это состояние в отсутствие осадков наступает на 4-5-й день независимо от сезона. Чем слабее осушен участок и меньше на нем остаточный слой торфа, тем сильнее на нем проявляется влияние осадков на УГВ. Максимально возможное снижение сезонной амплитуды колебаний УГВ на регулируемой территории в летний период возможно лишь при постоянно закрытом шлюзе. Территория, где реально удается управлять водным режимом, составляет 63,5-64,0% от общей площади опытного участка. Около 35% площади севооборота в результате невыравненности рельефа и пестроты почвенного покрова остаются неподконтрольными действию шлюза, 1,0-1,5% земель могут быть временно затоплены.
3. По химическому составу почвенно-грунтовые и сбросные воды характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией, относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу и не являются агрессивными по отношению к различ-

ным маркам бетона. Ионный состав грунтовых вод вполне соответствует экологическим требованиям кормовых культур.

4. Утепляющий эффект от подъема ключевой воды, за исключением отдельных участков (на которых удалось снизить максимальную глубину промерзания на 28-37%), выражен весьма слабо или почти отсутствует. Зимой температура слабо осушенного участка лишь в пахотном слое на 1,0-1,5 °С выше, чем на хорошо осушенном, тогда как температура нижней части почвенного профиля отличается в пользу более осушенного участка. Наиболее важная роль в режиме промерзания и оттаивания на опытном участке отводится снежному покрову, а также складывающимся в конкретный год метеорологическим условиям. Различий в интенсивности промерзания на оторфованных и не оторфованных участках при прочих равных условиях нами не выявлено. В то время как полное оттаивание на оторфованных участках в отличие от участков с полностью сработанным слоем торфа наступает, как правило, позднее на 1-2 недели.
5. Установлена прямая зависимость между величиной годовой амплитуды колебаний температур в почвенном профиле и нормой осушения. В незначительной степени (0,5-1,5 °С) снизить силу заморозков путем увлажнения удастся лишь в осенний период и только на поверхности почвы. На приземный слой воздуха степень увлажнения профиля практически не оказывает влияния. Основным фактором, реально влияющим на заморозкоопасность приземного слоя воздуха, является рельеф, далее по убывающей роли идет степень оторфованности, характер растительного покрова и влажность почвы.
6. Периоды с преобладанием в почвенном профиле форм влаги от средnedоступной до влажности полного насыщения совпадают с периодами, когда шлюз закрыт и УГВ поднят. По мере увеличения на выработанном участке остаточного слоя торфа подобная зависимость снижается. Умеренное положение почвенно-грунтовых (60-120 см) вод позволяет стабилизировать биологическую активность почвы и снизить торфоразрушительные процессы в среднем на 32,7%.
7. Эффективность регулирования водного режима в плане формирования урожая зависит от биологических особенностей кормовых культур, но в большей степени от количества выпадающих осадков и их распределения в течение сезона. Наибольший эффект шлюзования в опытах и на производственных полях севооборота был отмечен в относительно засушливый 2016 г, а наименьший в 2014 и 2017 годах. Более отзывчивыми на дополнительное увлажнение показали себя зерновые и силосные культуры. В плане уточнения, для некоторых кормовых культур были получены расчетно-рекомендуемые средневегетационные УГВ в зависимости от мощности остаточного слоя торфа. Близость к корнеобитаемому слою карбонатных пород не оказывает существенного влияния на основные качественно-количественные показатели химического состава растений. Отмечено некоторое преимущество более оторфованных и менее осушенных участков в плане содержания основных органических веществ и зольных элементов.

Предложения производству и рекомендации

Весной по завершению полевых работ (обработка почвы, посев, подкормка мн. трав), шлюз следует закрыть. Осенью, для повышения несущей способности почвы на период уборки урожая и вспашки, шлюз открывают за неделю до начала полевых работ. В период формирования урожая сбрасывать воду целесообразно лишь в экстремально дождливые и затяжные периоды. На зиму шлюз необходимо держать в открытом состоянии до следующей весны.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Уланов А.Н., **Уланов Н.А.** Приемы управления почвенным плодородием выработанных торфяников и продуктивностью кормовых культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. №5 (36). – Киров, 2013. – С. 42-46.
2. **Уланов Н.А.** Эффективность регулирования водного режима выработанных торфяников путем шлюзования каналов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. №4 (47). – Киров, 2015. – С. 56-61.
3. **Уланов Н.А.**, Уланов А.Н., Копысов И.Я. Свойства и продуктивность выработанных торфяников в условиях двустороннего регулирования водного режима // Кормопроизводство. №5. – М., 2016. – С. 13-19.
4. **Уланов Н.А.**, Копысов И.Я. Агроэкологическая оценка морфологических и водно-физических свойств старопахотных выработанных торфяников // Плодородие. №6 (93). – М., 2016. – С. 46-50.
5. Копысов И.Я., **Уланов Н.А.**, Уланов А.Н. Морфологические и водно-физические свойства старопахотных выработанных торфяников // Аграрный вестник Верхневолжья. №1 (18). – Иваново, 2017. – С. 5-13.
6. Копысов И.Я., **Уланов Н.А.** Особенности управления водным режимом выработанных торфяников используемых в кормопроизводстве // Мелиорация и водное хозяйство. №5. – М., 2017. – С. 7-12.

Статьи в других изданиях:

7. Уланов А.Н., **Уланов Н.А.** Особенности воспроизводства плодородия выработанных торфяников // Современ. пробл. исп-ния мелиорир. земель и повыш. их плодородия. Матер. Междунар. научно-практич. конф. ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии. – Тверь, 2013. – С. 181-186.
8. **Уланов Н.А.**, Копысов И.Я. Гидрохимический состав грунтовых и сбросных вод выработанных торфяников // Знания молодых: наука, практика и инновации. Сбор. науч. труд. Междунар. научно-практич. конф. аспирантов и молодых уч. – Киров: Вятская ГСХА, 2014. – С. 89-91.
9. Копысов И.Я., **Уланов Н.А.** Загрязнение сбросных и грунтовых вод выработанных торфяников в результате длительного применения на них агрохимикатов // МиВХ XXI в.: пробл. и перспек. раз. Матер. Междунар. научно-практич. конф. ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии. – Тверь, 2014. – С. 62-64.
10. **Уланов Н.А.**, Копысов И.Я. Влияние водного режима на биологическую активность выработанных торфяников // Многофункц. адаптив. кормопроизв. Сбор. науч. труд. Вып. 5 (53). – М., 2015. – С. 150-153.

11. **Уланов Н.А.**, Копысов И.Я. Сезонная динамика температуры почвенного профиля и приземного слоя воздуха на выработанных торфяниках разной степени осушения и сработки торфа // Многофункц. адаптив. кормопроизв. Сбор. науч. труд. Вып. 6 (54). – М., 2015. – С. 219-223.
12. **Уланов Н.А.**, Копысов И.Я. Морфологические, физические и водно-физические свойства выработанных торфяников в условиях регулируемого водного режима // Почва – зеркало и память ландшафта. Матер. Всероссийск. науч. конф. с междунар. участ., посвящ. Междунар. году почв и 60-летию Кировск. обл. отдел. Рус. географ. общ. – Киров, 2015. – С. 169-173.
13. Копысов И.Я., **Уланов Н.А.** Температурный режим почвы и приземного слоя воздуха старопахотных выработанных торфяников // Исп-ние мелиорир. земель – соврем. сост-ние и перспектив. развит. мелиорат. земледелия. Матер. Междунар. научно-практич. конф. ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии. – Тверь, 2015. – С. 134-140.
14. Уланов А.Н., **Уланов Н.А.** Пожароопасность выработанных торфяников и некоторые способы ее снижения при возделывании кормовых культур // Многофункц. адаптив. кормопроизв. Сбор. науч. труд. Вып. 8 (56). – М., 2015. – С. 122-128.
15. **Уланов Н.А.**, Копысов И.Я. Водный режим выработанных торфяников и особенности его регулирования // Почвоведение – продовольст. и экологич. безопасности страны: VII съезд Общ. почвоведов им. В.В. Докучаева. Матер. докл-ов. – М.-Белгород, 2016. – С. 418-419.
16. **Уланов Н.А.** Продуктивность выработанных торфяников в зависимости от степени их увлажнения // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. – Киров, 2016. – С. 319-323.
17. **Уланов Н.А.** Влияние водного режима на урожайность кормовых культур // Сбор. труд. Междунар. молодеж. науч. конф. Почва и бобовые – симбиоз для жизни. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – М., 2016. – С. 136-139.
18. **Уланов Н.А.** Влияние уровня грунтовых вод на режим промерзания и оттаивания выработанных торфяников // Сбор. труд. Междунар. молодеж. науч. конф. Пробл. деград. и охр. почв. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – М., 2017. – С. 82-85.
19. **Уланов Н.А.** Почвенно-мелиоративные особенности регулирования водного режима старопахотных выработанных торфяников // Адаптивно-ландшафт. сис-мы земледелия – основа эффектив. исп-ния мелиорир. земель. Матер. Междунар. научно-практич. конф. ФГБНУ Всероссийск. НИИ мелиорир. земель. Книга 1. – Тверь, 2017. – С. 239-245.
20. Копысов И.Я., **Уланов Н.А.** Агрохимическая оценка старопахотных выработанных торфяников северо-востока Нечерноземья // Почвы и их эффектив. исп-ние. Матер. Междунар. научно-практич. конф. ФГБОУ ВО Вятская ГСХА. Часть 1. – Киров, 2018. – С. 145-149.
21. **Уланов Н.А.** Химический состав кормовых культур на выработанных торфяниках в зависимости от условий их возделывания // Многофункц. адаптив. кормопроизв. Сбор. науч. труд. Вып. 18 (66). – М., 2018. – С. 189-195.