

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

Белорусский научно-исследовательский
институт мелиорации и водного хозяйства

На правах рукописи

НЕСТЕРЕНКО Иван Михайлович
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ
ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА СССР
(по материалам исследований в Карельской АССР)

Специальность 06. 01. 02 – Мелиорация
и орошаемое земледелие

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Минск, 1982

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

Белорусский научно-исследовательский
институт мелиорации и водного хозяйства

На правах рукописи

НЕСТЕРЕНКО Иван Михайлович
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ И СПОСОВОВ
ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА СССР
(по материалам исследований в Карельской АССР)

Специальность 06.01.02 -
Мелиорация и орошаемое земледелие

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Минск, 1982

Работа выполнена в Институте биологии Карельского
филиала Академии наук СССР

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Б.С.Маслов; заслуженный деятель науки БССР, член-корреспондент
АН БССР, доктор технических наук, профессор А.И.Ивицкий;
доктор географических наук А.Г.Булаво.

Ведущее предприятие – Ленгипроводхоз

Автореферат разослан

1982 г.

Защита диссертации состоится

1982 г.

на заседании специализированного совета 099.03.01 в Белорусском
научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйст-
ва.

Ваши отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просим
направить по адресу: 220040, г.Минск, ул.М.Горького, 153,
БелНИИМВХ, Ученый совет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета БелНИИМВХ
кандидат технических наук В.Т.Климов

БИБЛИОТЕКА
Карельского филиала
Академии наук СССР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Интенсивное освоение природных ресурсов Европейского Севера СССР, большие перспективы дальнейшего развития производительных сил и комплексного использования его природных богатств вызвали необходимость ускоренного развития сельского хозяйства в северных областях Нечерноземья и в первую очередь — мелиорации земель, с которой неразрывно связаны увеличение площадей пашни и лугов, ликвидация мелкоконтурности и заболоченности, рост урожайности сельскохозяйственных культур.

Своеобразие почвенно-климатических и гидрогеологических условий Севера, значительные трудности в освоении и эффективном использовании как минеральных почв, так и болот, сравнительно недавняя постановка научно-исследовательских работ в области мелиорации земель — эти и ряд других причин сдерживали до 70-х годов темпы мелиоративного строительства. Необходимость комплексного изучения широкого круга вопросов для научного обоснования выбора первоочередных объектов, способов и норм осушения, оптимального регулирования водного режима, разработки природоохранных мероприятий в условиях легко ранимой природы Севера — все это определило актуальность данной работы.

Цель диссертационной работы — установить существенные особенности проявления в условиях Севера общих закономерностей формирования как природных, так и изменяемых под влиянием мелиорации почвенно-гидрологических процессов, провести районирование территории Карельской АССР, определить направления и способы осушения, дать теоретическое обоснование и практические рекомендации по методам расчетов параметров осушительных систем с учетом геоморфологических, гидрологических, почвенных условий и водного баланса осушаемых земель.

С этой целью были выполнены научные проработки в сле-

дующих областях исследований:

- изучены климатические, геоморфологические и геологические условия территории Европейского Севера СССР для проведения мелиоративного районирования, определения потребности земель в мелиорациях, направлений использования;
- разработаны и обоснованы методы почвенно-мелиоративных изысканий, наблюдений и определений водно-физических свойств;
- исследованы способы осушения и дана оценка эффективности их в зависимости от почвенно-климатических условий;
- изучено влияние мелиораций на водно-физические свойства почвогрунтов, водный режим и водный баланс осушаемых земель в условиях длительного сезонного промерзания их;
- обоснованы оптимальные и критические почвенно-мелиоративные режимы, взаимосвязи и зависимости их от геоморфологических, гидрогеологических, климатических и хозяйственных условий, намечены пути прогнозирования и регулирования почвенно-гидрологических режимов;
- исследованы методы расчета параметров элементов осушительных систем;
- произведена оценка влияний мелиораций на природу Севера, разработаны природоохранные мероприятия.

Методика исследований. В основу исследований положен метод полевого опыта. Работа выполнена автором по материалам длительных стационарных и экспедиционных исследований (1952-1960 гг.) на осушительных системах и неосушенных землях в совхозах и на землях гослесфонда Южной и Северной Карелии.

Наряду с общепринятой методикой, использовались разработанные и усовершенствованные автором приборы и методы для изучения мерзлотных свойств почвогрунтов (бур для отбора образцов мерзлых почвогрунтов с ненарушенной структурой, мерзлотограф, пучинограф), для изучения водного режима (уровнемер, расходограф, испаритель, полевой метод определения и расчетов влажности без сушки образцов) и водно-физических свойств (метод вакуумирования, метод определения коэффициентов фильтрации при наличии напорных

подмерзлотных вод) и др., одно из которых признано изобретением и 12 внедрены как рационализаторские предложения.

При обработке и анализе материалов многолетних наблюдений широко использовались методы математической статистики, корреляционного и многофакторного регрессионного анализов с применением ЭВМ "Минск-32". При оценке режимных наблюдений и особенностей работы осушительной сети в специфических условиях Севера использовались метод водного баланса и теория фильтрации. Для решения многих вопросов привлекались опубликованные материалы исследований в первую очередь по соседним областям Европейского Севера СССР и скандинавским странам.

Научная новизна. Автором для условий Карельской АССР и соседних областей ЕТС дана широкая комплексная оценка мелиоративного фонда, проведено мелиоративное районирование.

Установлен ряд общих физически обоснованных взаимосвязей между водно-физическими свойствами почвогрунтов, близость основных характеристик торфяных почв для различных районов страны.

Выявлены существенные особенности проявления общих закономерностей формирования как природных, так и изменяемых под влиянием осушения водно-физических свойств почвогрунтов, гидрологического режима, водного баланса минеральных и торфяных почв в связи с длительным сезонным промерзанием их. Впервые дана качественная и количественная мелиоративная оценка перераспределения влагозапасов в промерзающих осушаемых торфяных и минеральных почвах, установлены закономерности этих процессов и влияние на них напорных грунтовых вод в почвах тяжелого механического состава, обосновано осушение ложбинами слабокультурных глинистых почв, невозможность применения глубокого рыхления на них без закрепления разрыхленного слоя, разработан способ крепления откосов каналов в морозоопасных грунтах.

Теоретически обоснован метод определения коэффициентов

фильтрации почвогрунтов при наличии подмерзлотных напорных вод, разработан метод расчета осадки и сработки торфа при осушении по балансу вещества.

Впервые установлена региональная особенность – слабое заохривание дрен в условиях Севера при содержании железа в грунтовых водах торфяных почв до 100 мг/л, в минеральных – до 30 мг/л (из них 70–80% закисного железа), что расширяет возможности применения дренажа без увеличения затрат на мероприятия против заохривания.

Автором выполнен ряд новых теоретических разработок по расчетам водоотдачи, обоснована эффективность мелкого заложения дрен – закрытых собирателей в тяжелых ленточных суглинках и глинах Севера с пунктирной засыпкой их до пахотного слоя.

Установлены зависимости формирования влагозапасов, режима почвенногрунтовых вод, дренажного и поверхностного стока, дано обоснование изменения гидрологического режима под влиянием осушения, выявлены положительные и отрицательные последствия мелиораций, разработан ряд природоохранных мероприятий.

► Практическая ценность работы. Для слабоизученных в мелиоративном отношении областей Севера Нечерноземной зоны РСФСР на первом этапе существенного расширения объемов мелиоративного строительства многоплановая работа автора позволила уточнить направления развития мелиораций, выбор первоочередных объектов осушения, усовершенствовать методы изысканий, улучшить качество проектирования и строительства, повысить эксплуатационную надежность осушительных систем и эффективность сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях.

Внедрение результатов исследований и практических рекомендаций осуществляется через проектные и строительные мелиоративные организации.

Реализация работы. Основное содержание диссертации опубликовано в 61 печатных работах.

Результаты исследований были доложены на двух международных конгрессах по торфу (Хельсинки, 1972 г., Познань,

1976 г.), делегатам X международного конгресса почвоведов (1974 г.), 4-му координационному совещанию по проблеме Ш.8.СЭВ (Прага, 1981 г.), на всесоюзных съездах, конференциях и совещаниях (Алма-Ата, 1970; Москва, 1973; Путино, 1975, 1978, 1980; Минск, 1976, 1977; Кедайнли, 1980), на региональных симпозиумах и совещаниях (Ленинград, 1960, 1965; Петрозаводск, 1961, 1968, 1974, 1976, 1977; Якутск, 1971; Сиктивкар, 1972; Апатиты, 1979 и др.). Практические рекомендации неоднократно докладывались на республиканских (КАССР) научно-производственных конференциях, включались в рекомендации производству, докладывались Совету Министров Карельской АССР и входили в состав Постановлений и распоряжений.

Отдельные разработки автора докладывались на отделении гидротехники и мелиорации ВАСХНИЛ (1979 г.), на отделении ВАСХНИЛ по Нечерноземной зоне РСФСР (1979 г.), на секции мелиорации Всероссийского отделения ВАСХНИЛ (1980, 1981 гг.). Более 40 статей автора было опубликовано на страницах республиканских и районных газет, три статьи были опубликованы на страницах центральных газет "Правда" и "Советская Россия".

Апробация работы. Научные разработки и практические рекомендации автора вошли в состав "Схемы развития мелиорации и водного хозяйства в Карельской АССР до 2000 г." (Ленгипроводхоз, 1960). "Рекомендации по осушению, освоению и сельскохозяйственному использованию осушаемых земель в Карельской АССР (Петрозаводск, 1973) и "Рекомендации по проектированию мелиоративных систем в Карельской АССР" (Петрозаводск, 1980), внедрены в практику проектирования и строительства мелиоративных систем в Карельской АССР и в Мурманской обл.; рекомендации по рациональному комплексному использованию земельных и водных ресурсов и охране их были использованы при проектировании и строительстве (ведется совместно с Финляндией) Костомукшского горно-обогатительного комбината и города Костомукши.

Результаты работы экспонировались в 4-х тематических экспозициях на ВДНХ СССР, отмечены золотой, серебряной и двумя бронзовыми медалями.

Объем работы. Диссертация состоит из краткого предисловия, 7 глав с выводами и заключения. Она включает: 260 страниц машинописного текста, на которых размещено 57 таблиц, 59 отдельных таблиц, 92 рисунка, 31 страницу библиографии (404 наименования) и приложения на 48 страницах.

Содержание работы

Предисловие

Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР" (1974), решения XXV и XXVI съездов КПСС определили более интенсивное развитие сельскохозяйственных мелиораций и в северных областях этой зоны. Более интенсивное вовлечение болот и заболоченных земель в сельскохозяйственное производство потребовало постановки и проведения многолетних комплексных стационарных и экспедиционных исследований для детального изучения природных условий Европейского Севера СССР, элементов водного баланса территории и водно-физических свойств почвогрунтов, уточнения методов, способов и норм осушения, расчетных характеристик для проектирования, изучения водного и теплового режимов и изменения их во времени под влиянием осушения и окультуривания почв. Конечная цель всех этих исследований - разработка теоретических основ и практических рекомендаций по регулированию и обеспечению оптимальных условий для возделывания сельскохозяйственных культур в специфических природных условиях Европейского Севера. Необходимо они и для решения другой не менее важной задачи - проблемы переброски стока северных рек в бассейн реки Волги, обоснования и выявления тех изменений гидромелиоративных условий, которые произойдут на территории Севера.

Слабая предшествующая изученность всех этих вопросов обусловила необходимость проведения многолетних исследований и обобщения их в настоящей работе.

Глава I. Проблемы мелиорации земель Европейского Севера СССР. Мелиоративное районирование

Выделение в отдельную провинцию Европейского Севера СССР (ЕТС) обусловлено прежде всего климатическими условиями, а также историческим и экономическим развитием его (А.Н.Костяков, А.В.Смирнов и др.). Мелиоративный фонд в 5 областях ЕТС (Мурманской, Архангельской, Вологодской обл., Карельской и Коми АССР) значителен – около 14 млн. га болот и более 20 млн. га болотно-подзолистых, заболоченных почв. Из 3,7 млн. га сельхозугодий было осушено на 1.01.1980 г. всего лишь около 300 тыс. га.

О необходимости "осеверения" земледелия, гарантирования получения высоких урожаев в засушливые годы писали в 30-е годы Д.Н.Прянишников, Н.И.Вавилов. Задача обеспечения своего населения основными продуктами питания в сложных с точки зрения природных условий и осуществления здесь мелиоративных мероприятий поставлена и в наши дни (А.В.Алексанкин, Н.И.Дружинин, Г.Л.Магаков, Б.Б.Шумаков).

Основным климатическим фактором, слабо поддающимся воздействию человека, определяющим и частично лимитирующим развитие сельскохозяйственного производства на Севере, является теплообеспеченность в период активной вегетации сельскохозяйственных культур. В работе дана характеристика климатических условий, показано, что во всех областях ЕТС, за исключением Севера Мурманской обл., крайние значения обеспеченности суммы температур более 10° в $700-1400^{\circ}\text{C}$ составляют 80% и более, что позволяет культивировать здесь многолетние травы, некоторые зерновые культуры, картофель и овощи.

В административных областях целесообразно выделение мелиоративных зон по теплообеспеченности: северной холодной с $\Sigma t > 10^{\circ}$ менее 1200° ; средней, прохладной – $1200-1400^{\circ}$ и южной умеренно-теплой – более 1400° . Условия увлажнения с учетом геоморфологических и геологических факторов позволяют выделить мелиоративные районы. Принятые для характеристики режимов увлажнения и выделения климатических зон

коэффициент увлажнения K_U (Н.Н.Иванов), показатель увлажнения M_d (Д.И.Шашко), индекс сухости J_c (М.И.Будыко) и биологический коэффициент испарения K_i (А.М.Алпатыев) взаимосвязаны:

$$K_i = \frac{M_d}{K_U} = J_c \cdot M_d.$$

Это свидетельствует об общности подхода различных авторов к характеристике режимов увлажнения и обоснованности принятых коэффициентов при общеклиматическом районировании.

При мелиоративном районировании следует учитывать и внутризональные особенности режимов увлажнения отдельных территорий и ландшафтов (В.Д.Лопатин). Правильнее относить основную часть БТС к зоне недостаточного увлажнения, в которой наблюдается периодическая повторяемость отдельных сезонов и лет как с избыточным, так и недостаточным увлажнением.

Главной особенностью территории Европейского Севера является широкое распространение озерно-ледниковых, морских и моренных равнин, низменностей, обилие болот и заболоченных земель. Сельскохозяйственные угодья в Карельской АССР расположены в основном на озерно-ледниковых, ледниковых и водно-ледниковых аккумулятивных отложениях. По теплообеспеченности с учетом геоморфологического районирования и преобладающих четвертичных отложений на территории Карелии автором выделены 5 мелиоративных зон с районами, дана их полная характеристика. Особенностью Севера является то, что практически в каждом хозяйстве используемые и проектируемые к осушению объекты размещаются почти на всех основных типах рельефа и отложениях, имеют различные типы увлажнения (табл.1). Это усложняет проектирование и строительство, требуя дифференцированного подхода к выбору способов осушения, агротехнических, эксплуатационных и природоохранных мероприятий часто даже в пределах одного объекта осушения.

В работе даны направления и перспективы развития мелиораций по мелиоративным зонам и районам.

Таблица I

Увлажненность и заболоченность мелисративного фонда КАССР, %

Мелиоративная зона	Сельскохозяйствен- ные угодья				Гослесфонд		
	увлажнение				заболоченность		
	нор- маль- ное	кратко- времен- но избы- точное	дли- тель- ное	посто- янное	боло- та	болота + заболо- ченный лес	
Северная	а)	5	15	64	16	31	45
	б)	30	25	35	10		
Средняя	а)	5	15	70	10	27	39
	б)	30	25	35	10		
Юго-восточ- ная	а)	20	21	55	4	14	32
	б)	70	10	16	4		
Южная	а)	14	27	48	11	17	30
	б)	44	24	23	9		
Юго-запад- ная	а)	10	42	40	8	4	14
	б)	25	43	23	9		
По респуб- лике	а)	11	24	55	10		
	б)	40	25	27	8		
Средняя		19	25	47	9	26	38

Примечание: а) озерно-ледниковые, б) моренные отложения.

Глава 2. Региональные особенности водно-физических свойств почвогрунтов и их изменения при осушении

Определяющую роль в формировании верхнего почвенного покрова (маломощного в условиях Севера, пахотный слой 15-20 см) и его водно-воздушного режима на осушаемых землях играют подстилающие моренные, флювиогляциальные, озерные и озерно-ледниковые отложения.

Моренные отложения покрывают более 60% площади республики, средняя мощность их 5-10 м, максимальная - до 40 м.

На землях мелиоративного фонда преобладают пылеватые пески с содержанием пыли от 10 до 30%. Содержание глинистых частиц составляет от 0 до 19%, коэффициенты фильтрации изменяются соответственно от 10 до 0,01 м/сут.

Основной мелиоративный фонд наиболее потенциально плодородных и более всего нуждающихся в осушении составляют почвы, сформировавшиеся на озерно-ледниковых отложениях (преимущественно глины и суглинки). Ленточные глины характеризуются высокой пылеватостью, коэффициенты фильтрации их 0,01-0,0001 м/сут, суглинков - 0,1-0,005 м/сут. Ленточное сложение глин и суглинков, примыкание их к зонам грунтового и грунтово-напорного водного питания обуславливает такую специфическую особенность, как наличие постоянно уровня грунтовых вод в них, пьезометрические напоры устанавливаются иногда выше поверхности, часто эти отложения находятся в скрыто текучем состоянии.

Торфяные отложения БТС являются наиболее молодым по геологическому возрасту (5-7 тыс. лет) и преобладающая их часть приурочена к озерно-ледниковым и морским равнинам (заболоченность достигает 50-70%). На моренных волнистых равнинах меньшие по площади болотные массивы расположены в понижениях рельефа, на склонах (низинные и переходные), иногда и на возвышенных участках (верховые болота). Заболоченность моренных равнин - 25-30%. Преобладающие уклоны болот 0,001-0,008, несколько выше чем в южных районах страны - 0,001-0,004 (Б.С. Маслов).

Водно-физические свойства торфов и их изменение под влиянием осушения достаточно глубоко изучены в более южных районах страны (Л.С. Амарян, С.И. Долгов, П.А. Дрозд, Л.С. Евстафьев, В.М. Зубец, Н.Е. Иванов, А.И. Ивицкий, К.П. Лундин, Б.С. Маслов, А.И. Мурашко, А.Ф. Печкуров, В.В. Романов, С.Р. Скоропанов, И.Н. Скрынникова, У.Х. Томберг, В.Я. Черненко и др.) и за рубежом (Р.Еггельсман, П.Ильницкий, М.Новак, Г.Окрушко, Р.А.Робертсон, И.Ферда, Л.Хейкурайнен и др.). Торфяные почвы Севера менее изучены (И.Н. Скрынникова, В.Н. Переверзев, А.В. Шуравили).

Проведенный автором статистический анализ большого фактического материала торфяного фонда КАССР и разведки болот

под осушение по 608 объектам выявил более четкое и достоверное различие типов залежи по зольности и незначительное различие в степени разложения (табл.2). Для зольности ярко выражены положительные асимметрия и эксцесс, гипотеза нормального закона распределения не подтверждается критериями согласия. Это обусловлено наличием смешанного водного питания: торфяная залежь в зонах разгрузки грунтовых вод имеет повышенную зольность, достигающую 30-50% при сильно смелезненных грунтовых водах. В среднем по зольности низинные торфа средней и северной зон относятся к малозольным ($A < 8\%$), в южных зонах - к среднезольным (по Б.С.Маслову).

Уравнения регрессии с достаточно высокой надежностью (коэффициент регрессии $r > 0,8$) отражают связи между отдельными водно-физическими характеристиками, а близость коэффициентов регрессии в аналогичных уравнениях, полученных другими авторами (Б.С.Маслов, Г.Окрушко, В.Н.Перверзев) в других районах, свидетельствует о наличии закономерной физической связи между плотностью (ρ) и зольностью торфов (A), объемной массой (γ) и порозностью (n), полной влагоемкостью ($W_{\text{вв}}$):

$$\begin{aligned}\rho &= 0,013A + 1,48; & r &= 0,87; \\ \gamma &= 0,01 A + 0,07; & r &= 0,85; \\ n &= 97,8 - 33,4 \gamma; & r &= 0,91; \\ W_{\text{вв}} &= 95,6 - 33,7 \gamma; & r &= 0,94,\end{aligned}$$

Величина кажущейся объемной массы насыщенных до полной влагоемкости неосушенных торфов может быть рассчитана по зависимости:

$$\gamma_{\text{кп}} = 1 + \gamma \left(1 - \frac{1}{\rho}\right),$$

или при среднем значении плотности $\rho = 1,54 \text{ г/см}^3$ и $\gamma = 0,03 \pm 0,25 \text{ г/см}^3$

$$\gamma_{\text{кп}} = 1 + 0,35 \gamma.$$

Объемная масса - одна из основных физических характеристик почвогрунтов, необходимая для проведения расчетов баланса органического вещества, баланса влаги, питательных веществ, для прогноза изменения водно-физических и гидрологических свойств. Подчиняясь, как и большинство

Таблица 2

Средние значения степени разложения и зольности торфов Карельской АССР

Мелиоративная зона	Верховые					Переходные					Низинные				
	N	R	C _{VR}	A	C _{VA}	N	R	C _{VR}	A	C _{VA}	N	R	C _{VR}	A	C _{VA}
Северная	31	28	0,25	2,6	0,23	49	30	0,20	3,1	0,42	23	30	0,25	5,7	0,66
Средняя	24	26	0,24	3,3	0,23	107	31	0,26	5,1	0,35	42	31	0,23	6,0	0,34
Юго-восточная	11	23	0,23	4,3	0,16	38	31	0,22	6,4	0,36	46	32	0,22	12,5	0,40
Южная	42	28	0,37	3,4	0,42	82	32	0,24	4,9	0,36	80	32	0,21	8,1	0,47
Юго-западная	8	13	0,16	3,3	0,30	5	21	0,64	5,9	0,39	12	38	0,22	16,6	0,51
Среднее по всем зонам	116	24	0,26	3,4	0,27	281	29	0,31	5,3	0,38	203	33	0,22	9,6	0,48

Обозначения: N - число болот, R - степень разложения, %, A - зольность, %, C_{VR}, C_{VA} - коэффициент вариации степени разложения и зольности.

других природных характеристик, закону нормального распределения, имея в то же время значительную вариабельность ($C_v = 0,1-0,4$) в зависимости от оцениваемой площади и условий водного питания болот, она требует тщательного изучения, достаточного числа повторностей для оценки средней величины.

Наиболее существенные изменения объемной массы торфов происходят в первые 1-2 года после осушения, в последующем при преимущественном использовании площадей под многолетними травами она мало изменяется (табл.3).

Таблица 3

Средние по участку глубокого торфяника значения объемной массы, г/см³. Корзинская низина, КАССР

Слой, см	До осушения	1962	1965	1969	1976	1980	
						фактические	по расчету T=18 лет
0-20	0,08	0,190	0,210	0,229	0,253	0,267	0,260
20-50	0,10	0,153	0,157	0,155	0,178	0,189	0,189
50-100	0,11	0,114	0,120	0,126	0,135	0,144	0,150
0-50	0,09	0,168	0,178	0,185	0,208	0,219	0,214
0-100	0,10	0,141	0,149	0,155	0,172	0,181	0,177

Зависимость изменения γ во времени (T лет) близка к линейной: $\gamma = \gamma_0 + aT$, где γ_0 - начальная (по завершению послестроительной осадки) объемная масса, г/см³; a - коэффициент для слоя 0,2-1,0 м равный 0,002, для пахотного изменяется от 0,007 в I-е десятилетие, до 0,005 - во второе. В различных зонах страны объемная масса окультуренных торфяных почв имеет преимущественно близкие средние величины: 0,2-0,3 г/см³ в пахотном слое и 0,1-0,2 г/см³ - нижележащих слоях, за исключением участков с ожезженными и залегшими торфами. Соответственно близки и водные свойства

торфов: полная влагоемкость находится в пределах 80-90%, наименьшая 70-80%, влажность завядания - 15-26%.

После осушения и освоения происходит выравнивание водно-физических свойств торфов дренируемого слоя залежи по сравнению с неосушенной, для которой характерно резкое различие свойств верхнего (деятельного) и нижнего (инертного) горизонтов. Коэффициенты фильтрации (K_f) неосушенной торфяной залежи при малой вариабельности степени разложения больше зависят от геоботанического состава торфов. В деятельном слое они составляют 1-100 м/сут в инертном - 0,01-4 м/сут, что вместе с малой высотой капиллярного поднятия в эческом слое обуславливает высокую саморегулирующую способность болот, поддержание устойчивого режима увлажнения.

Существенные изменения K_f происходят в первые годы после осушения, когда деятельный слой болота (20-30 см) коренным образом преобразуется (частично уничтожается, перемешивается с нижним инертным слоем, уплотняется). Инертный слой приобретает свойства деятельного, однако дренируемый слой торфяной залежи необходимо рассматривать как двухслойную среду, в которой коэффициенты фильтрации подпахотного слоя в 5-8 раз меньше, чем в пахотном (до осушения K_f отличаются в 50-100 раз).

Сезонные изменения коэффициентов фильтрации, как и других водно-физических свойств, необходимо учитывать при водно-балансовых расчетах, регулировании водного режима в течение вегетационного периода. Однако основными периодами для расчета осушительной сети являются наиболее неблагоприятные (обычно весна, осень), когда в условиях обильного увлажнения основные гидрологические характеристики довольно стабильны для большинства районов страны. Отмеченная близость их позволяет широко использовать как общие закономерности, так и отдельные выводы и рекомендации при осушении и освоении торфяных почв в различных районах страны.

Региональные особенности осушаемых почв Севера - осадка и сработка торфа, изменение водно-физических свойств под влиянием длительного сезонного промерзания.

Для расчета послестроительной осадки торфа могут быть

использованы ф-лы А.Д.Пангиди, В.Ф.Митина. Для различных районов страны получены ф-лы для расчета эксплуатационной осадки (В.М.Зубец, А.И.Муратко, Б.С.Маслов, В.С.Станкевич, У.Х.Томберг, В.Я.Черненко). В общем виде зависимость осадки торфа Δh (в см) от времени осушения Т/лет/ предложена П.А.Дроздом и А.П.Рубаном: $\Delta h = \alpha T^n$.

Для торфяных почв ЕТС, используемых под многолетними травами, зависимость имеет вид $\Delta h = 7,15 h_{др} \cdot \eta \sqrt{T}$, где $h_{др}$ — глубина осушения, в м, η — коэффициент, учитывающий исходную мощность залежи:

глубина торфа, м	4	3	2	1	0,5
η	1,0	0,8	0,55	0,3	0,2

Данные многолетних наблюдений и расчеты показывают, что осадка и сработка торфа в условиях Севера существенно ниже, интенсивность ее снижается от 2,3 см/год в первое десятилетие до 0,7 см/год в период 20-50 лет после осушения. По данным фактических наблюдений за объемной массой (γ_1 , г/см³) и мощностью торфяной залежи (h_1 , см) в первые годы после осушения и соответственно в последующие годы (γ_2 и h_2) теоретически возможная осадка торфа (Δh_T , см) рассчитывается по уравнению:

$$\Delta h_T = h_1 \left(1 - \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right).$$

Величина срабатываемого слоя торфа ($h_{ст}$) может быть определена по уравнению:

$$h_{ст} = h_1 - \frac{h_2 \gamma_2}{\gamma_1} + \frac{m_0}{100\gamma},$$

где m_0 — баланс минеральных веществ, вносимых с удобрениями и выносимых урожаем, поверхностными и дренажными водами).

Сработка, безвозвратная потеря торфа в условиях Севера незначительна, наблюдается в основном уплотнение торфа, что отмечается и в близлежащих областях Нечерноземья (Х.Н.Стариков).

Вопросам изменения водно-физических и гидрологических свойств почвогрунтов под влиянием промерзания и оттаивания, закономерностям влагопереноса в зоне промерзания, посвящены работы многих ученых (Г.И.Афанасия, А.А.Богутевский, В.Д.Комаров, Б.В.Дерягин, Н.А.Качинский, В.А.Кутергин, А.В.Лебедев, Б.С.Маслов, И.Н.Скрынникова, Ц.Н.Шкиннис и др.).

В условиях ЕТС роль длительного и глубокого промерзания почвогрунтов еще более существенна: объемная масса снижается на 30-40% в тяжелых суглинках и глинах и на 5-25% в торфах, повышается водоотдача при оттаивании до 20-40% за счет накопления в промерзшем слое до 100-170 мм влаги сверх НВ, происходит подъем (выпучивание) поверхности до 100-150 мм. Установлена решающая роль напорных грунтовых вод в процессах наиболее обильного льдонакопления в соответствующих гидрогеологических условиях. Истинную объемную массу мерзлых почвогрунтов (γ_m) в условиях близкого (до 1,5 м) залегания уровней грунтовых вод (УГВ) рекомендуется определять по уравнению:

$$\gamma_m = \frac{1}{\frac{1}{\rho} + 1,09 W_m}, \text{ где } W_m - \text{влажность мерзлого}$$

грунта в г/г. Построенные по этой зависимости графики и таблицы значительно упрощают и ускоряют расчеты.

С достаточно высокой для практических целей точностью водоотдача мерзлого слоя (δ_m) может быть рассчитана по высоте пучения (h_n в мм):

$$\delta_m = 0,82 h_n, \text{ в мм}$$

$$\delta_m = 0,24 h_n, \text{ в \% по объему.}$$

Знание водно-физических и гидрологических свойств мерзлых почвогрунтов необходимо для воднобалансовых расчетов, расчетов поверхностного и дренажного стока, параметров осушительных систем, устойчивости сооружений.

Глава 3. Интрасезонное распределение и обеспеченность осадков, испарения и увлажнения

Использование двойной интегральной кривой связи осадков по ряду станций позволило удлинить ряды наблюдений для других станций, получить расчетные характеристики для построения кривых обеспеченностей и осадков заданной повторяемости для года и сезонов года. Норма осадков (450-650 мм) и коэффициенты вариации за год (0,16-0,18), зиму (0,19-0,28) и лето (0,33-0,42) близки с таковыми для более южных районов (БССР, В.Ф.Шебеко). Наличие четко выраженной цикличности (5-7 лет) и связи осадков с солнечной радиацией имеет большое значение в практике мелиоративного строите-

льства при выборе первоочередных объектов осушения, долгосрочном планировании работ, использовании осушаемых и орошаемых земель.

Установлена тесная прямая связь между максимальными суточными и месячными суммами осадков равной обеспеченности, что позволяет получать недостающие данные для гидрологических расчетов и оценивать условия увлажнения за короткий срок (сутки) и период (меслц, декада) при выборе расчетной обеспеченности для проектирования осушительной сети.

В работе дана детальная характеристика осадков за годы исследований: наблюдались осадки от 2,5 до 95% обеспеченности за год и от 0,35 до 97% за лето, что позволило оценить работу осушительной сети в различные по увлажнению сезоны и годы, уточнить расчетные характеристики для проектирования. Анализ данных по запасам воды в снеге показал на необходимость учета перераспределения их на осушаемых и прилегающих территориях при оценке влияния осушения на сток.

Средняя глубина промерзания минеральных почв в условиях Карелии и Европейского Севера достигает 60-100 см, максимальная - 150 см. В 1,5-2,0 раза увеличивается глубина промерзания торфа после осушения (до 60-80 см), полное оттаивание его затягивается до июня-июля. Глубина оттаивания ($h_{от}$, см) связана с суммой накопления положительных среднесуточных температур зависимостью:

$$h_{от} = 0,21 \Sigma t \text{ ср.сут.} - 2,7, \quad (r = 0,73).$$

В 1971 г. впервые в условиях северной Карелии наблюдалось сохранение мерзлого слоя на глубине 0,45-0,65 м в течение всего лета и переход его в следующую зиму. Последнее определяет некоторые особенности гидрологического и теплового режимов осушаемых болот Севера, необходимость проведения тепловых мелиораций.

Данные многолетних (1963-1978 гг.) наблюдений за испарением с торфяных (E_t) и минеральных (E_m) осушенных и неосушенных ($E_{нб}$) почв, с водной поверхности (E_o) в пределах одного микрорайона позволили впервые оценить режим испарения и изменение его под влиянием осушения в условиях Севера. Получены статистически достоверные уравнения связи ме-

сумм испарения:

$$\begin{aligned} E_t &= 0,81 E_m + 20,7, & z &= 0,79; \\ E_{нб} &= 1,33 E_m - 16,1, & z &= 0,84; \\ E_{нб} &= 0,737 E_t + 9,5, & z &= 0,87; \\ E_t &= 1,23 E_o - 9,1, & z &= 0,90 (\text{южная Карелия}); \\ E_t &= 1,23 E_o - 10,0, & z &= 0,85 (\text{северная Каре-} \\ & & & \text{лия}). \end{aligned}$$

Суммарное испарение с осушенных, хорошо окультуренных торфяных почв в среднем на 9, 13, 6% выше, чем с минеральных почв, неосушенных болот и с водной поверхности соответственно. В зависимости от условий увлажнения, температурного и ветрового режима, фазы развития растительности различия в режиме испарения могут как нивелироваться, так и изменяться по знаку, что отмечено и в более южных районах страны (К.Е.Иванов, И.Л.Каложный, В.Ф.Шебеко).

В среднем за 1963-1978 гг. величина годового испарения с осушенных торфяных почв изменяется от 360 мм в Северной до 432 мм - в южной Карелии, испарение с водной поверхности - 342 и 400 мм соответственно. В работе приведена карта суммарного испарения с осушенных болот ЕТС.

Установлена связь между осадками за месяц р%-ной обеспеченности и суммарным испарением с торфяных почв (100-р%-ной обеспеченности, что облегчает расчеты водопотребления и оросительных норм для слабоизученных районов.

Глава 4. Формирование и изменение стока с осушаемых водосборов

Поверхностный сток

Обстоятельный анализ гидрологической роли болот и влияния осушения на поверхностный и внутрипочвенный сток, изменение водного режима водосборов в южных районах Нечерноземья, в Белоруссии и Прибалтике, на Украине дан в работах К.Е.Иванова, О.И.Крестовского, Б.С.Маслова, С.М.Новикова, А.Г.Булавито, Л.Г.Бавиной, К.А.Клеевой, В.Ф.Шебеко, К.Т.Хоммика, Ц.Н.Шкипника, И.С.Шпака и др. Широко дискутируются эти вопросы и за рубежом (В.Баден, Р.Ж.Казман, Е.Кивинен,

Р.А.Робертсон, Р.С.Фарнхам, И.Ферда, Л.Хейкурайнен, М.Шух и др.). К настоящему времени накоплены достаточно обширные материалы по изучению стока с осушаемых минеральных почв и в меньшей мере — с торфяных.

Формирование стока начинается на элементарных, малых водосборах и установление закономерностей его необходимо как для оценки стока с крутных водосборов, так и, особенно, для прогнозирования изменений при преобразовании природных условий, для построения математических моделей стока. Сеть воднобалансовых станций в стране еще невелика, в Карельской АССР наблюдения на небольших осушенных и неосушенных водосборах начаты в 60-е годы.

В условиях Севера при гидрологических и воднобалансовых расчетах необходимо учитывать более существенную роль поверхностного стока с осушаемых торфяных почв в отводе вод весеннего половодья. При среднем объеме стока 68 мм и коэффициенте стока 0,54 величина последнего в отдельные годы и особенно на участках со значительными уклонами болот может достигать 1,0. Уменьшается поверхностный сток после обычной зяблевой вспашки без дискования и планировки и, наоборот, увеличивается на площадях с узкозагонной вспашкой. Первая рекомендуется после засушливого лета для лучшего пополнения влагозапасов, вторая — во влажные годы. На посевах многолетних трав средняя величина инфильтрации за период снеготаяния и поверхностного стока составляет 37 мм, или 30% от запасов воды в снеге. По годам она меняется от 17 до 63 мм.

Объем поверхностного стока ($Q_{\text{пов}}$) в основном определяется снегозапасами и осадками за период стока (P_c) и глубиной промерзания (H_m):

$$Q_{\text{пов}} = 0,367 P_c + 21,2, \quad \eta = 0,80$$

$$Q_{\text{пов}} = 0,457 P_c + 0,31 H_m - 3,2, \quad R = 0,92.$$

Средняя продолжительность стока — 15 суток. При выпадении жидких осадков в начале снеготаяния сток с осушенных и неосушенных болот начинается одновременно, но чаще поверхностный сток с находящегося в сельскохозяйственном использовании осушенного болота начинается и заканчивается соответственно на 5 и 20 суток раньше, чем сток с неосушенного бо-

лота, еще позже в среднем на 8 и 25 суток, проходит сток с заболоченных, залесенных водосборов. Следовательно, частичное осушение на водосборе низинных и переходных, обычно залесенных до освоения болот, способствует растягиванию половодья и уменьшению максимальных расходов на ручьях и реках - водоприемниках.

Дренажный сток на торфяных почвах

В формировании внутрипочвенного стока с неосушенных болот инертный слой торфа, по мнению многих исследователей (К.Е.Иванов, В.Баден, Л.Хейкурайнен), не принимает существенного участия - при снижении УГВ на 0,1-0,2 м ниже поверхности сток с болота резко снижается или прекращается. Для многих болот Карелии с ее пересеченным рельефом часто характерны значительные уклоны поверхности, обильное грунтовое питание и в этих условиях инертный горизонт играет определенную гидрологическую роль.

Исходя из общей зависимости, полученной П.Я.Полубариновой-Кэчиной для горизонтальной фильтрации в слоистых грунтах $Q = \sum_{i=1}^n K_i h_i$ и уравнения В.А.Ионата можно выразить для двухслойного грунта долю стока по нижнему инертному (подстилающему) слою Q_2 от общего стока Q следующим соотношением:

$$\frac{Q_2}{Q} = \frac{1}{1 + n \cdot n_1}$$

где $n = \frac{K_1}{K_2}$ - отношение коэффициентов фильтрации

верхнего деятельного слоя (или пахотного) к подстилающему, $n_1 = h_1 : h_2$ - отношение мощностей этих слоев, соответственно. Из этого соотношения следует, что доля стока по инертному слою может существенно возрастать при величинах $n < 30$ и уменьшении отношения мощностей этих горизонтов.

Осушение ведет к преобразованию инертного слоя в деятельный, через который, несмотря на некоторое ухудшение водно-физических свойств его, отводится значительное количество воды - на болотах грунтового и грунтово-напорного водного питания в первые годы осушения объем стока достигает 700-800 мм и часто превышает осадки, что необходимо

учитывать при планировании и организации работ. Вместе с тем, данные первых лет наблюдений не могут служить основанием для проектирования параметров дренажа на болотах, т.к. они характеризуют лишь переходный период, когда в течение 1-3 лет происходят наиболее существенные изменения гидрофизических свойств торфяных почв. В последующий период объемы, модули и коэффициенты стока снижаются в 2-4 раза.

До настоящего времени отсутствовали многолетние, достаточные для статистического анализа ряды наблюдений за дренажным стоком с осушаемых болот Севера. Полученные нами материалы 16-летних наблюдений на участках различного водного питания позволили установить характеристики, необходимые для расчетов осушительных систем, прогнозирования стока, проектирования водоохраных мероприятий.

В условиях Севера уменьшается доля зимнего стока (устойчивый снежный покров, редкие оттепели) и увеличивается весенний дренажный сток (до 33% от годового). Несмотря на значительную глубину промерзания увеличение дренажного стока наблюдается с первых дней снеготаяния и основной объем, максимальные модули стока проходят в апреле, мае - задолго до полного оттаивания торфяных почв. Средний годовой объем дренажного стока 95, 50 и 5% обеспеченности составляют соответственно 35, 67 и 166 мм, в зонах сильного (по Б.С.Маслову) грунтового питания - 55, 96 и 211 мм, в зонах слабого питания - 17, 36 и 95 мм. Объем дренажного стока по мелиоративным зонам изменяется мало и обусловлен в основном условиями водного питания. Уменьшению испарения к северу на 50 - 100 мм соответствует такое же уменьшение осадков, следовательно при равных объемах стока существенно в 1,5- 2,0 раза увеличиваются только коэффициенты дренажного стока.

Значения максимальных модулей дренажного стока различной обеспеченности приведены в табл. 4.

Расчетные модули стока 10% обеспеченности близки к рекомендуемым для других районов страны (А.И.Ивицкий, Б.С.Маслов, В.Я.Черненко, Ц.Н.Шкиннис, А.М.Янголь и др.) и главное условие правильного выбора их - учет условий водного питания. При проектировании дренажа необходимы поверочные рас-

Таблица 4

Обеспеченность суточных максимальных модулей
стока в л/с.га на торфяных почвах

Период	Условия питания	Обеспеченность, %						
		1	2	5	10	20	25	50
Весна	сильное грунтовое	3,60	3,20	2,40	1,85	1,25	1,02	0,49
	Среднее грунтовое	1,50	1,23	0,82	0,65	0,44	0,38	0,22
Лето	сильное грунтовое	2,22	2,10	1,40	0,93	0,32	0,31	0,13
Осень	сильное грунтовое	1,05	0,90	0,63	0,52	0,41	0,39	0,20

четы на модули стока летних паводков 5% обеспеченности.

Формирование стока на тяжелых минеральных почвах

На слабопроницаемых почвах озерно-ледниковых равнин, особенно при первичном освоении их, наличии маломощного (до 15-20 см) пахотного слоя ретаккую роль в отводе избыточных вод имеет организация поверхностного стока. Многолетний производственный и научный опыт выявил преимущества осушения их на первом этапе ложбинами с созданием поперечного профиля полос. Они обеспечивают при i от 0,02 до 0,06 отвод 30-100% осадков в периоды обильного увлажнения. Для этих условий по нашим и литературным данным (В.Е.Водогрецкий) получена зависимость коэффициентов стока от уклонов. Близкий к оптимальному режим стока и влажности обеспечивают поперечные уклоны 0,02-0,03 при расстояниях между ложбинами 20-25 м. Максимальные суточные модули стока достигают 5,0, среднесуточные - 1,4-1,8 л/с.га.

В последние годы и на Севере для осушения тяжелых минеральных почв начали широко применять закрытый дренаж. Большинство ученых, проводивших исследования на Северо-Западе страны, в Сибири (А.И.Климко, И.М.Кривоносов, А.А.Ксанзов, В.А.Розин, В.П.Семенов, А.Н.Степанов и др.) установили, что в тяжелых почвогрунтах движение воды к дренам происходит преимущественно по пахотному слою и дренажной засыпке. На

долю стока по подпахотным слоям приходится от 10 до 29% от суммарного стока. С другой стороны Х.А.Писарьковым, Ц.Н.Шкинским показана решающая роль подпахотного горизонта и глубины заложения дрен.

Слабый дренажный сток при мелком заложении дрен обусловлен, по их мнению, в первую очередь высоким начальным градиентом напора. На необходимость учета его указывали П.Я.Полубаринова-Кочина, К.Е.Иванов, Н.Ф.Бондаренко, П.И.Закржевский и Н.К.Вахонин и др.

При начальном напоре h_0 у дрены, при котором начинается движение воды и расчетном напоре между дренами H величина поправочного коэффициента K_{h_0} на расстояние между дренами B_I , вычисленное по ф-ле Ротэ, может быть найдена из уравнения:

$$K_{h_0} = \frac{B}{B_I} = \sqrt{1 - \frac{h_0^2}{H^2}}$$

Значения K_{h_0} изменяются от 0,98 до 0,78 при $H = 0,8$ м и $h_0 = 0,2$ и $0,5$ м соответственно. При увеличении глубины заложения дрен t и H на $0,5$ м — с 0,99 до 0,91. Это подтверждает необходимость учета величины h_0 при значениях его более $0,3$ м и мелком заложении дрен.

Однако, в большей степени величина дренажного стока определяется водоотдачей. Принятие распределения влагозапасов в зоне обильного насыщения по прямой не снизило точности и позволило упростить расчеты как средней удельной водоотдачи δ в % на любой высоте y над УГВ так и общей

Q в мм при снижении УГВ от H_I до H_2 (в см):

$$\bar{\delta} = \frac{y}{2H_K} \delta_{max} \quad Q_{H_2-H_1} = \frac{\delta_{max}(H_2^2 - H_1^2)}{20 H_K}$$

где H_K — высота капиллярного поднятия, в см,

$\delta_{max} = W_{пв} - W_{нв}$ — максимальная водоотдача.

Расчеты показали, что если в легких минеральных и торфяных почвогрунтах (δ_{max} до 15%) с увеличением глубины осушения от 1 до 1,5 м объем водоотдачи возрастает на 75 мм, или вдвое, то в тяжелых глинистых ($\delta_{max} = 4-5\%$, удельная водоотдача 1-2%) увеличение стока при одноразовой

сработке УГВ до уровня заложения дрен не превысит 8-10 мм. Расчеты подтверждены данными фактических наблюдений как по Карелии, так и по Прибалтике. Решающее значение в формировании стока в этих условиях приобретает мощность пахотного слоя и организация отвода воды из него. При небольшой глубине заложения (0,8-0,9 м) и пунктирной засыпке дрен песчано-гравийной смесью до пахотного слоя в местах пересечения со старой открытой сетью, максимальные модули стока на минеральных почвах выше, чем на торфяных. Дрены выполняют роль закрытых собирателей, т.к. сохраняется повышенная фильтрация и приток из засыпанной открытой сети. Данные наблюдений за 1979-1980 гг. показывают, что интенсивность отвода избыточных вод возрастает при этом в среднем в 1,2-1,5 раза, соответственно могут быть увеличены и расстояния между дренами.

На суглинистых почвах моренных волнистых равнин максимальные модули стока на более выровненных участках в подножии склонов достигали 1,11 л/(с.га), расчетные модули 10% обеспеченности в ранне-весенний и осенний периоды составляют 0,7 л/(с.га) при i до 0,02, т.е. соответствуют принятым техническим условиям. При увеличении уклонов уменьшается как объем дренажного стока, так и Q_{max} .

Изменение стока при осушении болот

Метод двойной интегральной кривой связи дренажного ($Q_{др}$) и общего (Q) стока из осушаемого слоя с осадками (P) при суммировании величины стока и осадков нарастающим итогом за любой период n лет позволил учесть влияние предшествующих лет на последующие и выявить общую закономерность процесса:

$$\sum_{j=1}^n Q_{др} = 1,9 \sum_{j=1}^n P^{0,716}; \quad \sum_{j=1}^n Q = \sum_{j=1}^n (Q_{др} + Q_{пов}) = 1,36 \sum_{j=1}^n P^{0,62}$$

Эти зависимости отражают наблюдаемый повышенный сток в первые годы после осушения за счет сброса вековых запасов влаги и последующее снижение дренажного, а соответственно и общего стока по мере окультуривания и изменения водно-физических свойств торфов, увеличения испарения, уменьше-

ния глубины заложения дрен.

О средних величинах годового и сезонного стока с водосбора ручья Алганоя (Корзинская низина, $F = 1,31 \text{ км}^2$, $F_{ос} = 50\%$) в сопоставлении с более крупными речными водосборами - р.Шуей ($F = 9560 \text{ км}^2$, $F_{ос} = 5\%$) и р.Маньгой ($F = 209 \text{ км}^2$; $F_{ос} = 10\%$) можно судить по данным таблицы 5.

Таблица 5

Средний за 1969-1976 гг сток в мм и вариабельность его по сезонам года

Ручей, река	зима		весна		лето		осень		год	
	Q	C _v	Q	C _v	Q	C _v	Q	C _v	Q	C _v
Алганоя	76	0,37	113	0,14	55	0,59	45	0,49	269	0,16
Маньга	74	0,43	128	0,21	58	0,81	42	0,78	302	0,23
Шуя	90	0,35	82	0,24	67	0,40	35	0,55	274	0,16
Шуя ср. много- летние	85	0,37	94	0,30	62	0,51	41	0,51	302	0,26

Эти данные отражают в общем незначительное влияние осушения и достаточно тесную связь стока с осушаемого болота с речным стоком, что наблюдается и в других районах страны (А.Г.Булавко, Б.С.Маслов, К.Т.Хоммин, В.Ф.Шебеко, Ц.Н.Шкинникс). Характерна и невысокая вариабельность стока с осушенных водосборов.

Анализ сезонных величин стока с небольшого полностью осушенного участка (Q_0) водосбора и более крупных частично осушенных (Q_n) выявил следующую зависимость

$$Q_c = 0,23 Q_n^{1,314}$$

Из нее следует, что при меньшем увлажнении и стоке за любой сезон до 100 мм, суммарный сток из осушаемого слоя меньше общего с водосбора и речного, что обусловлено как более высокой аккумулирующей способностью торфяника, так и повышенной транспирацией. В периоды обильных осадков сток с первого увеличивается, выравнивается, а затем может превысить речной сток на 5-10%.

Анализ воднобалансового коэффициента стока по скользящим n -летиям $\beta = \frac{\sum Q}{\sum (P - E)}$ показал, что необходим минимум 8-летний период наблюдений после осушения для оценки влияния его на сток.

Один из наиболее важных вопросов — влияние осушения на формирование и величину максимальных расходов весеннего половодья, летних паводков. Общепринятые для расчетов $Q_{\max}$ и $q_{\max}$ весеннего половодья формулы исходят из положения, что заболоченность, как и залесенность, уменьшает сток. Множественный регрессионный анализ многолетних данных по максимальному стоку весеннего половодья на 72 реках КАССР с площадями водосборов от 43 до 27600 км² с исключением несущественных факторов выявил следующую зависимость:

$$q_{\max} = 0,667 f_{\text{б}} - 0,11 L_{\max} - 6,22 f_{\text{л}} + 123,4,$$

где $q_{\max}$ — максимальный модуль стока в л/(с.км²), $f_{\text{б}}, f_{\text{л}}$ — площадь болот и озер, в %; $L_{\max}$ — расстояние до самой удаленной точки водосбора, в км. Следовательно, болота (при общей высокой залесенности водосборов на реках Карелии) существенно влияют на увеличение $q_{\max}$, коэффициент множественной корреляции $R = 0,82$, критерий Фишера $F = 3,08$ существенно выше теоретического $F_{05} = 1,5$. Изменение $q_{\max}$ после осушения может быть выражено коэффициентом $K_0 = K_{\text{б}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}}$, т.е. обусловлено изменением коэффициентов стока ($K_{\text{б}} \leq 1$), интенсивности водоотдачи ($K_{\text{д}} \geq 1$), времени водоотдачи ($K_{\text{в}} < 1$) и продолжительности стока ($K_{\text{п}} > 1$). В зависимости от метеорологических условий $q_{\max}$ могут изменяться в 0,8–1,5 раза, что наблюдается в более южных районах страны. Учитывая небольшие площади осушаемых болот Севера на водосборе, повышенную водоаккумулирующую емкость их за счет зимней сработки УГВ (40–100 мм, или до 25% от снеготалпасов и осадков за весну идет на пополнение запасов воды в почве и грунтовых водах) более раннее прохождение весеннего половодья на них и сглаживание пиков половодья в ручьях-водоприемниках, максимальные модули стока на последних уменьшаются до 22%. И, наоборот, летние максимальные паводковые расходы увеличиваются с ростом

площади осушения за счет увеличения степени канализованности при общем высоком увлажнении в расчетные экстремальные периоды.

Гидрогеологические расчеты водоприемников с учетом особенностей формирования стока на Севере следует проводить по предпосевному периоду и летне-осенним паводкам ($p=10\%$). В южных областях Нечерноземья не предусматриваются расчеты по предпосевному периоду на сенокосах и пастбищах. Если для торфяных почв Севера при указанном использовании вполне достаточны расчеты сети по летне-осенним паводкам с пропуском расходов в бровках, то на тяжелых минеральных почвах озерно-ледниковых разнин, осушаемых закрытым дренажем, необходимы гидрологические расчеты и по предпосевному периоду, как и для полевых севооборотов без озимых культур. Это обусловлено, как отмечено выше, малым процентом осушаемых земель на водосборе, более поздним прохождением пика весеннего половодья с неосушенной части водосбора, неустойчивостью морозоопасных глин и суглинков.

В работе предложен метод прогнозирования максимальных модулей стока летних паводков, расчета экстремальных значений его при наличии непродолжительных данных наблюдений. Отмечены также общие тенденции изменения стока, установленные для других районов страны.

Глава 5. Режим и баланс влагозапасов в осушенных почвогрунтах

Уровни грунтовых вод

На неосушенных болотах Севера УГВ редко понижаются ниже границы деятельного слоя (30–40 см), благодаря чему даже небольшие осадки вызывают быстрое восстановление уровней, близких к поверхности, обеспечивая тем самым постоянство условий среды обитания специфической болотной растительности, дальнейшее развитие болот.

После осушения сезонные колебания УГВ происходят в пределах бывшего инертного слоя болота. В среднем за 17 лет

наблюдалось устойчивое понижение их зимой на 30 см, весенний подъем на 26 см, летняя сработка на 19 см и осенний подъем на 23 см.

Характерна (табл.6) меньшая вариабельность УГВ и более глубокое стояние их на участках атмосферного питания (при расстояниях между дренами $B = 40$ м и средней глубине заложения дрен $t_{\text{ср}} = 1,1$ м), чем на участках грунтового водного питания ($B = 20$ м, $t_{\text{ср}} = 1,1$ м).

Таблица 6

Характеристика УГВ на осушенном болоте "Корзинская низина", 1962-1978 гг.

Питание	Характеристики	Уровни стояния на начало сезона				Средние уровни за сезон				
		I. IY	I. YI	I. IX	I. XI	зима	весна	лето	осень	год
Атмосферное	$\bar{X}$, см	126	103	121	98	117	91	114	109	108
	S_v	0,10	0,14	0,21	0,24	0,11	0,12	0,12	0,19	0,14
Грунтовое	$\bar{X}$, см	103	71	96	67	86	74	86	79	89
	S_v	0,16	0,15	0,28	0,38	0,12	0,21	0,18	0,30	0,24

Для прогнозирования средних уровней стояния почвенно-грунтовых вод и разработки мероприятий по регулированию их на глубоких торфяных почвах получены и рекомендуются уравнения связи их с УГВ на начало сезона, ожидаемыми осадками и температурой. Отклонения расчетных по уравнениям величин от фактических не превышает 5-6%.

На тяжелых глинистых почвах озерно-ледниковых равнин наблюдаются более резкие колебания УГВ - снижение в засушливые годы до 200-300 см даже при мелком (0,7-0,9) заложении дрен и быстрый подъем, близкие к поверхности уровни во влажные годы. Увеличение мощности пахотного слоя с 20-25 до 30-35 см сокращает продолжительность стояния УГВ в пахотном слое в периоды с осадками 5-10% обеспеченности в 2 раза, при расстояниях между дренами соответственно 8 и 12 м, что подтверждает решающую роль мощности пахотного слоя в отводе избыточных вод, обеспечивается более благоприятное

регулирование водного режима как во влажные, так и в сухие годы. Засыпка дрен песком, гравием слоем до 30 см не оказывает существенного влияния на улучшение водного режима и только засыпка торфом или песком до пахотного слоя, даже пунктирная способствует лучшему регулированию УГВ.

Проведенные исследования и обобщение производственного опыта в совхозах республики показали, что нормы осушения близки к установленным в других районах страны (В.М. Зубец, А.И.Ивицкий, А.Л.Лукиянас, В.С.Маслов, Е.П.Панов, А.В.Шуравилин, Ц.Н.Шкиннис, А.М.Янголь и др.) и составляют для условий Севера в (см):

Сельскохозяйственные работы и периоды	Минеральные почвы	Торфяные почвы
Дискование	30-40	40
Весновспашка	40-50	50-60
Весенний сев	55-60	50-60
Период вегетации	80-150	60-100
уборка урожая	40-50	40-50

Более глубокое понижение УГВ в период вегетации необходимо во влажные годы.

Влажность осушаемых почв

Особенностью режима влагозапасов на осушенных торфяных, суглинистых и глинистых почвах Севера является значительное накопление влаги сверх НВ за зимний период в верхнем промерзающем слое почвы при устойчивом понижении УГВ. Это накопление играет как положительную роль в водном балансе при недостатке осадков в начале периода вегетации, так и отрицательную - образование верховодки при медленном оттаивании и выпадении обильных осадков.

В период вегетации в сухие годы (1969, 1972, 1980) наблюдалось снижение влажности в отдельные периоды до 30% от полной влагоемкости (ПВ) в слое 0-20 см и до 50% - в слое 0-50 см. В годы с осадками, близкими к норме, или превышающими ее влажность изменяется в пределах оптимальных

значений: 60-65%. В среднем в торфяных почвах Севера дефицит влаги за лето в 77 мм покрывается изменением влагозапасов в слое 0-50 см с понижением влажности до 60% от ПВ в зоне атмосферного и до 70% - в зоне грунтового питания. Торфяные почвы при правильном выборе параметров осушительных систем в зависимости от условий водного питания имеют устойчивый и для большего числа лет близкий к оптимальному водный режим. Вероятность снижения влагозапасов менее половины от общих и превышения наименьшей влагоемкости составляет 5%. В работе приводятся значения летних влагозапасов различной обеспеченности.

На тяжелых минеральных почвах режим влагозапасов определяется мощностью пахотного слоя, уклонами поверхности.

По материалам многолетних исследований на участках осушенных торфяных почв различного водного питания получены надежные уравнения связи, которые позволяют прогнозировать влагозапасы в различных слоях (W_{0-20} см, W_{0-50} и т.д.) по исходным на начало периода (W'_{0-20} и т.д.) и последующим осадкам (P) с учетом среднесуточной температуры воздуха (t_g) за расчетный период, следующего вида:

при атмосферном питании $W_{0-50}=0,69 W'_{0-50}+0,64 P-3,45 t_g+120; A=13,7\%$,

при грунтовом питании $W_{0-50}=0,63 W'_{0-50}+0,36 P-1,72 t_g+142; A=9,6\%$.

Ошибка аппроксимации A - от 7 до 14%.

Уравнения могут быть использованы и для расчетов дополнительного увлажнения в засушливые периоды.

Водный баланс

Воднобалансовые исследования на осушаемых водосборах начаты сравнительно недавно. Наиболее полное обобщение по крупным речным и болотным водосборам дано в работах А.Г. Булавко, К.Е.Иванова, Б.С.Маслова, В.Ф.Шебеко. Изучению водного баланса осушаемых земель посвящены также работы С.И.Харченко, а на Севере - А.А.Богусевского.

Детальному длительному изучению водного баланса частных водосборов как неосушенных, так и осушенных болот посвяще-

но крайне мало работ.

Автором сделано первое обобщение материалов по водному балансу на болотах Севера. Водный баланс неосушенного болота подтверждает большую саморегулирующую способность его: быстрое и значительное отведение избыточных осадков и резкое снижение расходных элементов баланса (стока и испарения) в засушливые периоды.

Воднобалансовые расчеты свидетельствуют о сравнительно невысокой водоаккумулирующей роли неосушенного болота и меньшем влиянии на регулирование стока небольших болотных массивов со значительными уклонами поверхности, чем крупных, более выровненных болот. Изменения запасов воды в болоте даже в сухие годы не превышали 100 мм за лето. Основным расходным элементом водного баланса неосушенных болот Севера является испарение (61% на Севере, 67% на юге Карелии).

В табл.7 приведены средние за 15-летний период элементы водного баланса р.Шуи ($F = 9560 \text{ км}^2$) и осушаемого метрового слоя торфяника Корзёнской низины ($F = 40 \text{ га}$). Выделены сухие годы с осадками ниже нормы (10 лет) и влажные.

На осушенных, интенсивно используемых (средние урожаи более 3 тыс.к.е.с 1 га) торфяных почвах, деятельный слой которых имеет и грунтовое водное питание (в среднем 37 мм) величина суммарного испарения на 54 мм выше, чем на крупном водосборе р.Шуи, заболоченность которого 10%. Увеличение испарения ведет к уменьшению величины поверхностного и дренажного стока из верхнего слоя торфяной залежи. Большая сработка влагозапасов в сухие и влагонакопление во влажные годы отражают свойства торфяных почв, их высокую водоаккумулирующую емкость, характерна в этом отношении и меньшая вариабельность изменения влагозапасов в зоне аэрации и в зоне грунтовых вод в торфяных почвах.

Большее изменение влагозапасов в зоне аэрации обусловлено отмеченным выше изменением водно-физических свойств почвогрунтов. Установлены тесные связи для изменения влагозапасов за год (ΔW , в мм) и лето ($\Delta W_{\text{л}}$) в зависимости от испарения (E) и осадков за текущий период (гидроло-

гический год - Р гг, лето- Рл) и за предшествующий (осенний Р_о, зимне-весенний - Р_в + сн):

$$\Delta W = 0,74 P_{гг} + 0,25 P_o - 0,99 E - I_4; \quad R = 0,98;$$

$$\Delta W_A = I,08 P_A + 0,08 P_v + сн - I,28 E + 49, I; \quad R = 0,96.$$

Эти уравнения свидетельствуют о важности учета предшествующего увлажнения и возможности использования их для прогнозирования изменения влагозапасов.

Таблица 7

Водный баланс водосбора р.Шуи (1) и осушаемого

I м слоя торфяника (2) за 1963-1977 гг., в мм

Элементы водного баланса	Водосбор	1963-1977	Сухие годы	Влажные годы	S ср.	Коэффициент вариации		
						сред	сухой	влаж.
Приход	I	600	562	676	72,7	0,12	0,09	0,06
(Осадки+ приток гр. вод)	2	580	527	688	91,3	0,17	0,09	0,05
Расход	I	664	658	676	59,5	0,09	0,10	0,06
	2	572	559	595	56,5	0,10	0,09	0,11
в т.ч. сток	I	286	270	318	49,4	0,17	0,17	0,13
	2	140	126	166	41,7	0,30	0,33	0,19
Испарение	I	378	388	358	36,8	0,10	0,10	0,05
	2	432	433	429	40,2	0,09	0,09	0,12
Изменение влагозапасов								
а) по балансу	I	-64	-96	0	51,3	0,78	0,47	0,53
	2	8	-32	+93	43,1	0,59	0,58	0,65
б) по измерениям	I	-2	-13	+18	39,0	0,78	0,69	1,00
всего	2	-27	-58	+35	38,7	0,61	0,67	0,54
в т.ч. в зоне аэрации	I	-2	-1	-4	27,6	0,90	1,00	1,00
	2	-27	-51	+24	31,2	0,53	0,58	0,42
В зоне грунтовых вод	I	0	-12	+22	24,9	1,11	0,93	1,50
	2	0	-7	+11	6,9	0,59	0,59	0,67

$S_{ср}$ - среднее квадратичное отклонение

Глава 6. Методы и способы осушения земель Европейского Севера СССР

В практике проектирования мелиоративных систем на ЕТС широко используются теоретические разработки известных советских ученых-мелиораторов – А.Н.Костякова, С.Ф.Аверьянова, Х.А.Писарькова, В.А.Ионата, А.И.Ивицкого, А.И.Мурашко, а также научные разработки и рекомендации других ученых Северо-Запада, Белоруссии, Прибалтики.

Широкое комплексное изучение закономерностей и особенностей климатических, гидрогеологических, почвенных условий Севера, изменяющихся во времени, водно-физических свойств почвогрунтов и всех составляющих водного баланса позволило уточнить пути отвода избыточных вод, расчеты параметров осушительных систем. Рекомендованы и внедрены в практику проектирования и строительства осушительных систем Севера способы, нормы и параметры осушения торфяных и минеральных почв. При осушении торфяных почв важен учет мощности залежи, подстилающих грунтов, условий водного питания, условий и величины зимнего влагонакопления в промерзающих почвогрунтах, формирования поверхностного стока весной. Первичное осушение глубоких торфяников проводится преимущественно открытой сстью.

Закрытый дренаж может применяться и в крайне неблагоприятных климатических условиях северной мелиоративной зоны Карельской АССР и соседних областей Европейского Севера СССР. Первостепенными объектами здесь являются мелкозалежные торфяники, подстилаемые песками. Привнесение минерального подстилающего грунта из канав и траншей, вспашка его при вспашке на глубину 0,5–0,8 м позволяет значительно улучшить тепловые и фильтрационные свойства и другие водно-физические свойства верхнего слоя почвы. При значительной густоте открытой проводящей сети каналов на мелиоративных объектах Севера необходим учет их влияния при расчетах расстояний между дренами (А.И.Ивицкий).

При выборе способов осушения торфяных почв и глубины заложения дрен необходимо учитывать величину эксплуатационной осадки и сработки торфа за расчетный срок службы

принятого типа дренажа, существенное уменьшение величины дренажного стока во времени. Преимущество имеет дощатый дренаж при сроке службы его 25-30 лет, что позволяет применять меньшую глубину заложения дрен, лучшее регулирование водного режима осушаемых почв при меньших затратах и снижении отрицательного влияния на прилегающие территории.

Рекомендуемые расстояния между дренами при осушении болот Европейского Севера со средним грунтовым (1) и атмосферным (2) водным питанием, полученные с учетом расчетных гидрологических характеристик по данным фактических водно-балансовых наблюдений, составляют (табл.6):

Таблица 6
Расстояния между дренами при осушении болот

От дрена до водопупора, м	К = 0,2 м/сут				К = 0,4 м/сут			
	сенокос		пашня		сенокос		пашня	
	1	2	1	2	1	2	1	2
0	6	14	7	12	12	16	10	16
0,5	13	22	11	18	18	29	15	26
1,0	15	27	12	22	22	37	18	32
1,5	17	30	13	25	25	43	20	37
2,0	18	33	14	27	27	49	22	40

Учитывая малую мощность гумусового слоя или отсутствие его при первичном осушении тяжелых почв озерно-ледниковых равнин, морозоопасность и неустойчивость грунтов при оттаивании, рекомендовано и внедрено в производство с 1963 года осушение ложбинами. После окультуривания, создания более мощного пахотного слоя (> 25 см) осуществляется переход на закрытый дренаж с поперечной по отношению к ложбинам укладкой дрен и засыпкой в местах пересечения песчано-гравийной смесью до пахотного слоя. Глубокое рыхление эффективно только при заполнении щелей торфом, гумусированным грунтом в смеси с известью и удобрениями. Разрабатывается устройство для подачи грунта из пахотного слоя в нижние горизонты почвы одновременно с рыхлением.

При проектировании закрытого дренажа на моренных равнинах необходимо учитывать влияние уклона поверхности, увеличение величины поверхностного стока с ростом уклонов. Рекомендованы формулы и графики для расчетов расстояний между дренами в зависимости от уклонов поверхности.

Разработана и внедряется с 1963 г. технология крепления откосов проводящих каналов в морозоопасных глинистых и суглинистых грунтах путем перекрытия их торфом или гумусированным грунтом из пахотного слоя с приканавных полос с использованием профилировщика ТПФ-1. Строительство смотровых колодцев на закрытой осушительной сети в условиях Севера для предотвращения морозного пучения, подъема и нарушения их рекомендовано проводить по типу шлаккеро-поглотителей с засыпкой за стенки хорошо фильтрующего материала.

Впервые установлено, что в условиях Севера при высоком содержании железа в грунтовых водах на болотах - до 100 мг/л и до 30 мг/л на минеральных почвах (в т.ч. 70-80% закисного) опасного для работы дренажа заохривания не наблюдается. Столожение железа происходит в основном на небольшой длине устьевой части закрытых коллекторов. Обусловлено это применением дощатого дренажа в глубоких торфах, защитой стыков дрена торфом на участках мелкозалежных торфяников, небольшой глубиной осушения, отводом избыточных вод преимущественно по пахотному слою в тяжелых почвах, условиями длительного анаэробного разложения на глубине заложения дрена, а также пониженной микробиологической деятельностью в холодных почвах севера. На таких площадях (за исключением торфяников со степенью разложения более 40% и высоким процентом содержания аморфных частиц) нет необходимости в применении специальных мер по защите дрена от заохривания. Это позволяет широко применять закрытый дренаж и на площадях с сильноожеелезненными водами при значительном снижении стоимости строительства.

Глава 7. Эффективность сельскохозяйственных мелиораций и влияние их на окружающую среду

Урожайность на осушенных землях

Осушение заболоченных земель в условиях Европейского Севера СССР при применении научно-обоснованных мелиоративных и агротехнических приемов освоения обеспечивает получение урожаев сена многолетних трав до 60 ц/га, зеленой массы многолетних и однолетних трав - до 300 ц/га, зерновых (ячменя, овса, озимой ржи) - до 30 ц/га. При этих урожаях окупаемость капиталовложений на мелиоративное строительство составляет от 4 до 10 лет, что свидетельствует об экономической эффективности мелиораций.

В работе на основании анализа многолетних данных показано, что решающими факторами в формировании урожаев на торфяных почвах являются теплообеспеченность при оптимальном регулировании влагообеспеченности на фоне высокой агротехники. Многофакторный регрессионный анализ выявил надежные связи средних урожаев многолетних трав (Y , ц/га) с суммой эффективных температур ($\Sigma t > 10^0$), осадками (P), биоклиматическим потенциалом (БП):

$$Y = 0,055 \Sigma t_{vi} + 0,031 P_{yI-yIII} + 15 ; \quad R=0,74; A=8,2\%;$$

$$Y = 26,8 \text{ БП} + 1,2; \quad R=0,74.$$

На тяжелых минеральных почвах решающую роль в формировании урожаев играет мощность пахотного слоя (h_t , в м), наряду с суммой эффективных температур, осадками, глубиной заложения дрен ($h_{др}$ в опытах не превышали 1,0 м). Влияние расстояний между дренами (B , м) было менее существенным:

$$Y = 70,25 h_t + 0,026 \Sigma t_{y-Ix} + 0,12 P_{y-Ix} + 32,12 h_{др} + 0,41 B - 75,4;$$

$$R=0,85.$$

В условиях ЕС объекты сельскохозяйственной мелиорации часто соседствуют с объектами лесной мелиорации и составление согласованных между ведомствами проектов осушения позволяет существенно снизить удельный вес затрат в отдельных проектах за счет строительства совмещенной дорожной сети, водоприемников, проведения общих водоохраных меро-

приятий. Предложения автора по этим вопросам узаконены Постановлением Совета Министров РСФСР.

Влияние мелиораций на окружающую среду

Широкое развитие мелиораций на Европейском Севере, своеобразие природных ландшафтов, слабая способность природных вод к самоочищению и ряд других факторов требуют научно-обоснованного подхода при оценке как положительных, так и возможных отрицательных последствий мелиорации, на что в последние годы обращается большое внимание (А.А.Богушевский, А.В.Алексанкин, Н.И.Дружинин, Б.С.Маслов, А.И.Мурашко, Н.И.Пьявченко, И.Н.Скрынникова и др.).

В предшествующих главах было показано, что для торфяных почв Севера характерна меньшая интенсивность осадки и сработки (преимущественно за счет уплотнения) органического вещества, следовательно и больший срок службы торфа, как ценного исчерпаемого полезного ископаемого. Меньше в условиях Севера и водная эрозия за счет преимущественного использования площадей под многолетними травами. Большее промерзание, оползание откосов может быть устранено (см. гл.6), улучшение теплового режима торфяных почв достигается за счет пескования, глинования. На минеральных почвах улучшению водного и теплового режимов, снижению эрозии способствует увеличение мощности пахотного слоя. Выше показано также незначительное изменение гидрологических характеристик на малых осушаемых водосборах, подчеркнуто положительное влияние — уменьшение variability стока, выравнивание его, преобразование части поверхностного стока в грунтовый.

На крупных речных бассейнах, даже таких интенсивно осваиваемых как водосбор р.Олонки, доля площадей сельскохозяйственного незначительна (3%), поэтому изменение стока больше обусловлено климатическими факторами и такими более крупномасштабными работами как вырубке леса, лесомелиорация (11%). Эти работы в бассейне р.Олонки практически завершены к 1960 г., поэтому данные наблюдения за 1959—1976 гг. характеризуют максимально возможное в условиях

Карелии изменение режима стока. В целом под влиянием всех факторов наблюдалось уменьшение слоя годового стока в пределах 10%, несущественное изменение стока весеннего половодья и максимальных модулей стока. Более раннее прохождение пика половодья с осушенных площадей положительно.

В перспективе сельхозосушение на площади около 16 тыс. га, преимущественно болот с лесомелиоративной сетью, не вызовет существенного изменения стока. Некоторое увеличение стока в первые 1-2 года после осушения части площадей будет компенсироваться ростом водопотребления на интенсивно осваиваемых ранее осушенных площадях. К концу расчетного периода при освоении и интенсивном использовании сельхозугодий возможно уменьшение стока с этих площадей, однако в бассейне р.Олонки возрастет водорегулирующая роль лесов, подрастающих на вырубках и на объектах лесосушения, занимающих основную часть водосбора.

С 1969 г. впервые на ВТС автором совместно с Т.С.Андриановой начато, а с 1972 г. продолжено совместно с В.И.Синькевичем изучение количественного и качественного состава дренажных и поверхностных вод. В работе показано, что осушение и сельскохозяйственное освоение ведет к увеличению выноса минеральных солей на глубоких торфяниках в среднем в два раза по сравнению с неосушенным болотом, еще более высокий вынос наблюдается с минеральных осушенных почв и существенно ниже он на неглубоких торфяниках, подстилаемых песками. В отдельные периоды наблюдается некоторое превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) на частных водосборах. Однако изменение химического состава речных и озерных вод, учитывая малую в условиях Севера площадь осушаемых площадей для сельскохозяйственного использования на озерно-речных водосборах, несущественно. Более существенно влияние лесных мелиораций, площадь которых в Карельской АССР достигла 500 тыс.га, в первую очередь из-за значительного выноса взвешенных веществ в период строительства и в последующем из-за отсутствия креплений откосов каналов осушительной сети.

Автором разработаны и внедряются рекомендации по сни-

жению отрицательных последствий мелиораций на окружающую среду, включающие правильный выбор объектов и способов осушения, сроков проведения работ и технологии строительства, окультуривания земель.

В ы в о д ы

Основные результаты исследований следующие:

1. Проведено мелиоративное районирование территории Карельской АССР на основе комплексного изучения климатических, геоморфологических и почвенно-физических условий региона и на его основе дана оценка перспектив и направлений развития мелиорации по мелиоративным зонам. Составлена карта почвенно-мелиоративного районирования территории Карельской АССР в масштабе 1:1 500 000, которая вошла в состав карты почвенно-мелиоративного районирования Нечерноземной зоны РСФСР (отв. исполнитель - Московский государственный университет).

2. Установлены эмпирические, физически обоснованные связи между водно-физическими свойствами осушаемых почвогрунтов. Близость основных характеристик торфяных почв по типам их залежи во всех зонах страны обусловлена общностью основных условий их формирования и направлений использования (преимущественно под посевами многолетних трав), что с учетом отдельных региональных особенностей и поправок позволяет широко использовать научные разработки и практические рекомендации, полученные в различных районах страны.

3. Установлены закономерности значительного перераспределения влаги в зимний период в зоне промерзания, влияние напорных грунтовых вод на эти процессы в почвах тяжелого механического состава. Учет этих особенностей, воднобалансовые расчеты позволили рекомендовать и внедрить в производство:

- а) способ осушения тяжелых слабоокультуренных почв ложбинами;
- б) способ крепления откосов каналов в морозоопасных грунтах;

- в) способы защиты гидротехнических сооружений;
- г) способ закрепления разрыхленного слоя при проведении глубокого рыхления почв.

4. Теоретически и экспериментальными данными обосновано с учетом водного питания, влагораспределения, водоотдачи, начального градиента напора преимущество мелкого заложения дрена-собирателей на оглеенных почвах тяжелого механического состава. Снижение общих затрат на осушение I га при средней глубине заложения дрена 0,9 м по сравнению с глубиной 1,2 м составляет до 100 руб. Внедрение на практике рекомендаций по научно обоснованному выбору способов и норм осушения подтвердило возможность снижения затрат на осушение I га до 220 руб.

5. Разработан метод расчета осадки торфа по балансу вещества, что с учетом срока службы, условий оптимального регулирования водного режима, устойчивости к заокислению позволило установить преимущество осушения болот дощатым дренажем со средней глубиной заложения дрена 1,2 м. Такие системы надежно работают в Карельской АССР уже 20 лет. Стоимость осушения I га торфяных почв дощатым дренажем на 190 руб ниже, чем гончарным на стеллажах, значительно (до 40 руб. на I га) снижаются и затраты на ручной труд.

6. Слабое заокисление дрена в условиях Севера позволило рекомендовать применение закрытого дренажа на торфяных почвах при содержании железа в грунтовых водах до 100 мг/л, на минеральных – до 30 мг/л (в т.ч. в закисной форме 80%) с защитой стыков торфом.

7. Первоочередными для осушения дренажем в условиях Севера являются мелкозалежные торфяники на песках, на которых без значительных затрат обеспечивается привнесение из разрабатываемых каналов и траншей, при глубокой вспашке минерального грунта в пахотный слой, существенное улучшение тепловых и водно-физических свойств. О необходимости этих мероприятий свидетельствует и решающая роль теплообеспеченности в формировании урожаев на Севере, подтверждаемая многофакторным анализом данных за длительный период.

8. Установлены закономерности формирования процессов испарения, поверхностного и дренажного стока, режимов грунтовых вод и влагозапасов, изменения как отдельных составляющих, так и в целом водного баланса осушаемых водосборов. Полученные уравнения позволяют как прогнозировать, так и разрабатывать мероприятия по регулированию водного режима.

9. Показано, что небольшие на площади водосбора объекты сельскохозяйственных мелиораций не оказывают существенного влияния на количественные и качественные характеристики стока, на озера и реки – водоприемники. Для устранения и уменьшения отрицательных последствий мелиорации разработаны и внедряются природоохранные мероприятия.

10. Большой мелиоративный фонд болот и переувлажненных минеральных почв позволит, с учетом передового опыта и научных разработок, существенно расширить границы земледелия на Севере, сделать его высокоэффективным.

В дальнейшем необходимо углубление и расширение исследований по вопросам:

- установление оптимального соотношения площадей лесов и сельскохозяйственного осушения на водосборе с учетом сохранения части болот и других природных ландшафтов в естественном состоянии;

- строительство совершенных мелиоративных систем с регулируемым водным режимом в сложных гидрогеологических и климатических условиях на осушаемых объектах севера;

- влияние последующего увеличения объемов мелиоративных и водохозяйственных мероприятий на изменение ландшафта, совершенствование прогноза количественных и качественных изменений характеристик водных ресурсов с разработкой соответствующих природоохранных мероприятий;

- уточнение возможных объемов и последствий переброски стока северных рек в южные районы страны.

Основное содержание диссертации опубликовано
в следующих работах автора

1.Нестеренко И.М. Опыт применения агромелиоративных мероприятий по Олонецкой равнине. Петрозаводск.Госиздат КАССР, 1957. - 25 с.

2.Нестеренко И.М. Влияние агромелиоративных мероприятий на водно-воздушный режим минеральных почв. - Тр. Карел. филиала АН СССР. Петрозаводск, 1959, вып. 21, с. 3-35.

3.Нестеренко И.М., Розин В.А. К вопросу об осушении Олонецкой равнины Карельской АССР закрытым дренажем. - Тр. Карел. филиала АН СССР, Петрозаводск, 1959, вып. 21, с. 52-60.

4.Нестеренко И.М. К вопросу определения коэффициентов фильтрации слабопроницаемых грунтов. - Изв. Карел. и Кольского филиалов АН СССР, Петрозаводск, 1959, № 1, с. 121-129.

5.Нестеренко И.М. Наблюдения за грунтовыми водами в период снеготаяния. - Метеорология и гидрология, 1959, № 6, с. 31-32.

6.Нестеренко И.М. О влажности почвы и нормах осушения. - Известия Карельского и Кольского филиалов АН СССР. Петрозаводск, 1959, 2, с. 104-107.

7.Нестеренко И.М. Устойчивость и способы крепления откосов осушительных каналов в морозоопасных грунтах. - Гидротехника и мелиорация, 1967, № 3, с. 92-96.

8.Нестеренко И.М. Мелиорация сельскохозяйственных земель Карелии. Петрозаводск : Карел. кн. изд-во, 1967. - 102 с.

9.Нестеренко И.М., Симанов Ю.Г. Динамика влажности почвогрунтов в зимний период. - Почвоведение, 1969, № 5, с. 105-112.

10.Нестеренко И.М. Способы осушения земель в Карельской АССР. - В кн.: Наука - сельскому хозяйству. Петрозаводск : Карелия, 1969, с. 166-174.

11.Нестеренко И.М. Осушение дренажем сельскохозяйственных земель Севера. Петрозаводск : Карелия, 1971. - 100 с.

12.Нестеренко И.М. Методы исследований промерзающих торфяных и минеральных почвогрунтов Карельской АССР. - Метеорология и гидрология, 1971, № 3, с. 58-65.

13.Рекомендации по осушению, освоению и сельскохозяйственному использованию осушаемых земель в КАССР. /Сост. Нестеренко И.М., Бухман В.А., Синькевич Е.И. и др. - Петрозаводск : Карелия, 1973. - 88 с.

14.Нестеренко И.М. Режим грунтовых вод и нормы осушения болот Карелии. - В кн.: Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск, 1974, с. 37-49.

15.Нестеренко И.М., Вейнберг Л.Н. Определение водно-физических характеристик почвогрунтов по насыщению под вакуумом. - В кн.: Пути изучения и освоения болот Северо-Запада Европейской части СССР. Л. : Наука, с.121-126.

16.Нестеренко И.М., Бухман В.А., Казистая Л.А. Пути рационального использования болот и заболоченных земель в сельском хозяйстве. Там же, с. 133-148.

17.Нестеренко И.М., Дубровский Ю.П., Симанов Ю.Г. Изменение водного и теплового режима осушаемых болот. Там же, с. 34-46.

18.Пьявченко Н.И., Нестеренко И.М. Перспективы осушения и особенности регулирования водного режима почв на Европейском Севере СССР. - В кн. : Водные мелиорации в СССР. М. : Наука, 1974, с. 16-45.

19.Егорова Н.В., Бухман В.А., Нестеренко И.М. Второй день экскурсии. Петрозаводск-Эссойла. - В кн.: Путеводитель почвенной экскурсии / X межд.конгресс почвоведов/. Лесная зона, тур.3. Карелия. М. : Наука, 1974, с. 56-67.

20.Нестеренко И.М. Осадка и сработка торфяных почв при осушении болот. - Почвоведение, 1975, № 2, с.120-125.

21.Болота Нечерноземья, их роль в народном хозяйстве и биосфере / АН СССР. ВДНХ. Сост. Пьявченко Н.И., Нестеренко И.М. - Л. : Наука, 1975, - 6 с.

22.Нестеренко И.М. Процессы перераспределения влаги в сезонно промерзающих осушаемых почвах Карельской АССР. - В кн. : Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв : Материалы Всесоюзной конференции. М. : Наука, 1975, с. 184-187.

23.Нестеренко И.М. Осадка и сработка торфяных почв под влиянием осушения и сельскохозяйственного освоения болот. - Тр.Международного конгресса по торфу. Познань, 1976, т.1, с. 216-232 (англ.).

24.Нестеренко И.М. Режим влажности, водно-физические и механические свойства осушаемых и естественных торфяных залежей. Там же. Доклады конгресса, 1976, том 4, с. 123-131 (англ.).

25.Нестеренко И.М. Эффективность дренажа на минеральных почвах севера Нечерноземья. - В кн.: Мелиорация и окультуривание переувлажненных минеральных земель. Минск, 1977, с. 32-36.

26.Нестеренко И.М. Проблемы мелиорации земель Европейского Севера СССР. - Гидротехника и мелиорация, 1977, № 9, с. 120-122.

27.Нестеренко И.М. Расчет равновесного содержания влаги в зоне капиллярной каймы. - Тез.докл.У делегатского съезда ВСП. Физика и минералог.почв. Минск, 1977.Вып. I, с. 50-52.

28.Нестеренко И.М. Испарение с осушаемых земель Европейского Севера СССР. - В кн.: Мелиорация земель Крайнего Севера. М.: Колос, 1977, с. 128-140.

29.Нестеренко И.М., Орлов Е.Д. Водно-физические свойства торфов и водный режим болот. - В кн.: Биологические ресурсы Костомукши, пути освоения и охраны. Петрозаводск, Карелия, 1977, с. 32-48.

30.Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Нестеренко И.М. Направления использования болот. Там же, с. 49-54.

31.Нестеренко И.М. Поверхностный сток с осушаемых болот Севера. - Гидротехника и мелиорация. 1976, № 2, с. 57-62.

32.Нестеренко И.М. Мелиорация земель Европейского Севера СССР. Л. : Наука, 1979. - 356 с.

33.Нестеренко И.М. Обновляя землю. - Правда, 1979, 17 сент.

34.Германов В.П., Нестеренко И.М. Тепловой режим осушаемых торфяных почв Северной Карелии /Экспресс инф.ЦЕНТИ Кинводхоза СССР, 1979, сер.2, вып.9, с. 7-9.

35.Синькевич Е.И., Нестеренко И.М., Клыпато В.С. Агроклиматическое обоснование подбора сельскохозяйственных культур для возделывания на торфяных почвах. - В кн.: Почвенно-биологические факторы продуктивности сенокосов на торфяных почвах. Петрозаводск, 1979, с. 5-36.

36.Пьявченко И.М., Нестеренко И.М., Чесноков В.А. Мелиорация и природа Севера. Петрозаводск : Карелия, 1980. - 77 с.

37.Нестеренко И.М. Биологические коэффициенты испарения на Европейском Севере СССР. - Гидротехника и мелиорация. 1980, № 3, с. 34-35.

38.Нестеренко И.М. Особенности мелиорации земель Севера Нечерноземной зоны РСФСР. - Доклады ВАСХНИЛ, 1980, № 3, с. 37-39.

39.Нестеренко И.М. Изменение водного режима болот Карелии, осушаемых для сельского хозяйства. - В кн.: Значение болот в биосфере. Гидрологические аспекты. М. : Наука, 1980, с. 54-65.

40.Рекомендации по проектированию мелиоративных систем в Карельской АССР /Сост.Нестеренко И.М. - Петрозаводск, 1980. - 74 с.

41.Нестеренко И.М. Основные факторы, определяющие работу осушительной сети в тяжелых почвогрунтах Севера. - В кн.: Осушение тяжелых почв. М. : ВАСХНИЛ, 1981, с. 132-140.

42.Почвы Карелии. Справочное пособие /Морозова Р.М., Володин А.М., Федорченко М.В., Володина Г.Ф., Нестеренко И.М. - Петрозаводск : Карелия, 1981. - 192 с.

43.Козлов Л.Г., Нестеренко И.М., Вейнберг Л.Н., Коновалова Л.М. О факторах биопродуктивности луговых сообществ на осушенных торфяных почвах. - В кн.: Водный и тепловой режим осушаемых почв Карелии. Петрозаводск, 1981, с. 6-20.

44.Нестеренко И.М. Влияние сельскохозяйственных мелиораций в бассейне р.Олонки на изменение речного стока. - В кн.: Водный и тепловой режим осушаемых почв Карелии. Петрозаводск, 1981, с. 63-75.

45.Устройство для определения зоны промерзания среды /Бишоф Э.А., Нестеренко И.М., Жегалев Д.П. - Бюллетень изобретений, 1981, № 48, с. 188. № 694359.