Л. И. ИНИШЕВА

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ



УДК 634.42:631.445.124 (043.8)
Инишева Л.И. **Почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций**. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1992, - 270с.300 экз.
3804000000

В монографии представлен подход к мелиоративному проектированию комплексных мелиораций с позиции генетического почвоведения. На примере пойменных почв южно-таежной подзоны в пределах Томской области рассматриваются преимущества данного подхода в мелиорации. Проведенные исследования на 4 экспериментальных мелиоративных системах в поймах рр. Оби, Томи, Чулыма, Кии позволили детальнорассмотреть режимы почв (гидротермический окислительно-восстановительный,агрохимический, биологический, гидрохимический), определить параметры их оптимального состояния, изучить соответствие мелиоративного воздействия и экологическог состояния почв. Приводится обоснование этапов мелиоративного проектирования на основе почвенно-экологического подхода.

Для мелиораторов, почвоведов, агрохимиков, научных работников.

Рецензент – доктор биологических наук
Т.П. Славнина

ISBN 5 – 7511 – 0334 – 3

3804000000
177 (012) - 92 51-92

© Л.И.Инишева, 1992

ПРЕДИСЛОВИЕ

Земельный фонд Советского Союза составляет 22,31 млн. км, 70% его приходится на неблагоприятные в сельскохозяйственном отношении площади, поэтому в современных условиях мелиорация- необходимость. Развитие данной отрасли должно вести к достижению оптимального народнохозяйственного результата, выражающегося в получении устойчивой продуктивности агроэкосистем при сохранении экологического равновесия в природе. Этим определяется необходимость научного подхода к решению сложных задач, которые возникают при формировании и развитии экономически эффективного и экологически рационального мелиоративного земледелия.

Из всех существующих видов мелиоративного воздействия гидротехническая мелиорация, наложенная на естественный ход процессов, протекающих в биогеоценозах, является наиболее сильной и быстродействующей. Она трансформирует режимы биоценозов в агробиоценозы. Агробиоценоз и его основная составляющая - почва - относятся к сложным открытым системам и, следовательно, обладают высокой чувствительностью к флуктуациям (Одум, 1986). Таким образом, самые мелкие флуктуации могут усиливать и изменять всю структуру агробиоценоза. А так как подобные системы обладают свойством необратимости, мелиоративное воздействие должно обеспечивать наиболее эффективную самоорганизацию агробиоценоза. С данной точки зрения ответственность мелиорации особенно велика.

Предметом настоящего исследования является педосфера - важнейшая часть биосферы, с которой связана жизнь человечества. Но при решении проблемы повышения экономического плодородия почв необходимо целенаправленно и экономически обоснованно перестроить их свойства и режимы. Современное негативное отношение к мелиорации - временное явление, в большой степени вызванное неправильным планированием ее развития и полученными соответственно результатами, а также отчасти и определенным направлением развития мелиоративной науки.

Длительное время под мелиоративным воздействием понималось только регулирование уровня грунтовых вод в почвах. Предполагалось, что уже данные мероприятия должны окупиться увеличением урожаев. Степень нарушения плодородия почв при мелиоративном строительстве не оценивалась и мер по её восстановлению не принималась. Даже внесение минеральных удобрений считалось необязательным. Урожаи на мелиорированных почвах часто оказывались ниже, чем на окружающей территории. Почва в качестве объекта мелиорации практически не рассматривалась.

Однако, начиная с 60-ых гг. исследователи доказывают значимость собственно почв, их свойств и режимов для прогноза рационального воздействия (Ковда, Самойлова, 1966; Добровольский, 1968, 1986; Зайдельман, 1975, 1985; Скрынникова, 1961; Волобуев, 1974, 1985 и др.).

Так, например, кардинальное изменение водного режима по-разному сказывается даже на почвах одного типа, подстилающихся разными материнскими породами (Зайдельман, 1986). Исследования показали, что свойства тяжелых пойменных зернистых, луговых и некоторых видов дерново-глееватых почв, характеризующихся боковой водопроницаемостью горизонтов более 0,4 м/сут., способствуют эффективной работе дренажа. Оглеенные подзолы, подзолистые, дерново-подзолистые и другие почвы с низким коэффициентом фильтрации и наличием водоупора даже при частом дренаже не освобождаются от избыточной влаги. Таким образом, необходим дифференцированный подход к свойствам почв при проектировании и применении мелиоративных мероприятий. Уже на стадии проектирования следует учитывать те параметры, которые будут изменены в процессе проведения мелиоративных работ. Это относится прежде всего к режимам почв: гидротермическому, окислительно-восстановительному, микробобио - и гидрохимическому.

Вместе с тем прогноз изменения должен охватывать все свойства почв. Это позволяет уточнить параметры мелиоративной системы. Так, известно, что торф под влиянием процессов коагуляции гуминовых кислот приобретает гидрофобность, что выражается в снижении фильтрационных свойств торфяной залежи. Р.Эггельсман (1978) отмечает, что различными авторами приводится 61 формула для расчета

расстояний между дренами и существует несколько номограмм для выполнения подобных практических расчетов, при этом ни в одной из них отмеченых факткоагуляции гуминовых кислот или изменения гумифицированности разлагающихся растительных остатков торфа не учитывается. Таким образом, проектирование и последующее строительство и эксплуатация мелиоративных систем должны осуществляться с позиций почвенно-экологического обоснования возможности и целесообразности освоения земель и включения их ресурсного потенциала в систему региональной мелиорации.

В Западной Сибири отсутствие научных разработок по региональной мелиорации приводит к тому, что при проектировании данных мероприятий весь расчет основывается на зависимостях, полученных для условий Белоруссии. Однако данный регион имеет свои особенности, которые должны быть отражены при проектировании и строительстве.

Вопросы определения стратегии природопользования Западной Сибири связаны с ее природно-климатическими условиями: длительным увеличением диспропорции между годовым радиационным балансом и количеством годовых осадков, а также равнинным характером территории, высокой заболоченностью (36% общей площади суши) и высокой интенсивностью торфонакопления. Однако, несмотря на то, что в настоящее время Западная Сибирь является регионом интенсивного осушения, южная часть рассматриваемой территории только один раз в 5 лет бывает избыточно увлажнена, а в остальные годы в вегетационный период наблюдается ясно выраженный дефицит влаги (Мезенцев, Карнацевич, 1969). Следовательно, необходимо и выборочное орошение земель.

Пойменные почвы наиболее доступны для введения в сельскохозяйственный оборот после проведения мелиорации. Мелиоративный фонд поймы р. Оби и ее притоков составляет 440 тыс. га или 34% от общей площади обской поймы. В осушении нуждаются 334 тыс. га пойменных почв, что составляет 76% от мелиоративного фонда. Около 100 тыс. га нуждаются в комплексе культур технических и агротехнических работ. На остальной площади необходимо проведение оросительных мелиораций. Удельный вес и значение пойменных почв в сельскохозяйственном производстве данной территории возрастает с юга на север. В условиях самообеспечения населения продуктами пойменные почвы представляют существенный резерв. Вместе с тем, Обская пойма - сложный природный комплекс, освоение которого должно основываться на строгом научном подходе. Следовательно, широкая сельскохозяйственная мелиорация пойменных почв южно-таежной подзоны требует тщательного изучения и экспериментального обоснования различных направлений мелиоративного воздействия как способа эколого-социального благоустройства пойменных территорий при условии сохранения почв пойм как природного ресурса биосферы.

Цель и задачи исследования.

Целью данной работы является обоснование направлений мелиорации почв пойм на основе выявления изменений их режимов под влиянием мелиоративного воздействия и оценки степени нарушения их экологического равновесия.

В рамках общей программы исследований решались следующие задачи:

1. Изучение режимов пойменных почв южно-таежной подзоны.
2. Исследование изменений свойств и режимов почв под влиянием мелиорации и путей их оптимизации.
3. Определение степени мелиоративного воздействия на химический состав дренажных и подземных вод.
4. Обоснование исходных данных для проектирования мелиоративных систем.
5. Разработка структурной схемы модели почвенно-генетического обоснования комплексных мелиораций.

Научная новизна работы заключается в почвенно-генетическом обосновании возможности и целесообразности освоения пойменных земель бассейна р.Оби в пределах южно-таежной подзоны, включения их ресурсного потенциала в систему региональной мелиорации.

Впервые в условиях Западной Сибири комплексно рассматриваются режимы почв пойм в естественном и мелиорированном состояниях и устанавливаются параметры оптимизации водного, температурного, окислительно-восстановительного, питательного

режимов почв для проектирования мелиоративных систем. Развито представление о почвах пойм как о модельном объекте для изучения последствий воздействия мелиорации, а также о динамике почвенных режимов в поймах как о специфическом, о противоречивом явлении, которое характеризуется неоднозначными конечными результатами. Показано, что направленность почвенных процессов существенным образом определяется геоморфолого-литологическими условиями пойм и интенсивностью мелиоративного воздействия.

В результате всесторонних экспериментальных и натурных исследований обоснована степень мелиоративного воздействия на химический состав поровых, дренажных, речных и подземных вод.

Доказано, что начальный уровень нарушения экологического равновесия в почвах достоверно контролируется состоянием биологического режима, а комплексными показателями биоэнергетических процессов могут быть: окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), активность микробоценоза, каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы. Впервые предложена структурная модель почвенно-генетического обоснования комплексных сельскохозяйственных мелиораций. В отличие от широко распространенной точки зрения на мелиорацию как на комплекс мероприятий, обеспечивающих оптимальные условия произрастания сельскохозяйственных культур, в предлагаемой работе впервые аргументируется тезис о том, что мелиорация должна обеспечить оптимизацию режимов почв посредством поддержания в них экологического равновесия, определяемого генезисом почв. Данный подход позволяет исключить снижение плодородия почв при одновременном получении устойчивых урожаев районированных сельскохозяйственных культур.

Основные положения обосновываются на примере почв пойм, наиболее подверженных флуктуациям внешней среды.

На з а щ и т у в ы н о с и т с я почвенно-генетическое обоснование условий и оценка последствий мелиоративного освоения почв пойм южно-таежной подзоны Западной Сибири.

Исследования, проведенные на мелиорируемых пойменных почвах бассейна р.Оби, показывают, что построенные мелиоративные системы не только не обеспечивают получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, но и являются причиной снижения потенциального плодородия почв: в осушаемых почвах происходит устойчивое снижение влажности к пределу разрыва капиллярной связи, создаются резко окислительные условия, активизируется микробиологическая и энзимологическая активность, происходит значительное увеличение подвижных форм химических элементов и их вынос дренажным стоком за пределы почвенного профиля.

Проведенные модельные опыты показывают, что экологическое равновесие в почвах, определяющее баланс веществ, наступает при сохранении почвенных режимов, близких к генетическим. Контролирующими показателями экологического состояния почв в условиях действующих мелиоративных систем могут быть ОВП и параметры микробобиохимических процессов: микробоценоз, пероксидаза, полифенолоксидаза и каталаза. Следовательно, исходными параметрами при проектировании мелиоративных систем должны служить режимы и свойства почв. Подобное решение проблемы позволяет получать устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур при сохранении почв как природного ресурса биосферы, обладающего свойством плодородия.

Предлагаемый подход к мелиоративному проектированию с позиций создания оптимальных режимов почв, воплощенный в виде модели почвенно-генетического обоснования комплексных мелиораций , более доступен в работе, позволяет отойти от учета неустойчивых метеоэлементов, основывается на известных балансовых уравнениях потока веществ и энергии, дает возможность перейти к системе автоматического проектирования (САПР). Накопленные теоретические разработки и фактический материал по инженерной мелиорации, динамическому моделированию отдельных технических решений позволяет проводить оптимизацию почвенных режимов, как в процессе мелиоративного проектирования, так и в эксплуатационном режиме на объектах мелиорации.

П р а к т и ч е с к о е з н а ч е н и е р а б о т ы заключается в том, что исследовано изменение режимов почв при мелиоративном воздействии, дана оценка направлений

данных изменений. Впервые для условий Западной Сибири получены параметры оптимизации режимов почв пойм, которые вошли в рекомендации, утвержденные Минводхозом СССР для проектирования и строительства в Томской области. Выявлены пути оптимизации пойменных мелиорируемых почв пойм, на основании чего разработаны рекомендации по сельскохозяйственному использованию мелиорируемых земель.

Установлены показатели выноса химических элементов из пойменных почв на объектах мелиорации. Разработаны системы датчиков для изучения температурного и окислительно-восстановительного режимов и установка для моделирования процесса миграции химических элементов при мелиоративном воздействии.

Результаты исследования реализованы в семи нормативных документах, составленных при личном участии автора или под его руководством, используемых в проектировании мелиорации земель. Получены авторские свидетельства за номером 1557145 и 1625384. Опубликовано 84 работы, в том числе 3 монографии

Г л а в а 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

Культурные биогеоценозы производят органическую продукцию пищевого и производственного значения. Однако эффективно управлять культурными экосистемами возможно лишь тогда, когда правильно поняты сущность и история взаимоотношений почвы, растений и условий среды. Отчуждая продукцию, человек должен возвращать в почву взятые компоненты, соблюдая баланс, как в количественном, так и в качественном отношении, адекватно выбирать методы мелиорации, рассчитывать и давать обоснованные прогнозы последствий своего воздействия на природные ландшафты, что возможно лишь при глубоком знании почв и их взаимоотношения с географической средой.

Еще в 1951 г. основоположник советской мелиоративной науки А.Н.Костяков отмечал, что "взаимосвязь мелиорации и направления почвообразовательного процесса на мелиорируемых землях предопределяет применение генетических принципов при рассмотрении мелиоративных вопросов и процессов в их динамике" [Костяков, 1951, с.3].

В современном проектировании объектов мелиорации весь инженерный расчет строится на материалах изысканий по отдельным свойствам почв, сделанным в домелиоративный период. При почвенных изысканиях на объектах мелиорации проводятся следующие работы: выявляются типы и подтипы почв с их пространственной приуроченностью, вычисляются их площади и определяются водно-физические свойства на преобладающих типах почв (объемный вес, коэффициент фильтрации, предельно-полевая влагоемкость и максимальная гигроскопическая влажность). В проектах по орошению учет почвенных условий, в частности, выражается в определении поливной нормы для разных слоев почвы из расчета величины нижнего предела оптимальной влажности 0,70 - 0,75 от предельно-полевой влагоемкости (ППВ), но тем не менее величина поливной нормы принимается везде одинаковой независимо от особенностей почв региона и планируемых сельскохозяйственных посевных культур. При подборе дождевальной техники учитываются и фильтрационные свойства почв. Однако интенсивность дождя современных поливальных установок настолько мала, что она практически исключает образование поверхностного стока на любых почвах, проектируемых под орошение. В результате теряется смысл изучения фильтрационных свойств почв.

На объектах осушения почвенные изыскания еще более упрощаются, ограничиваясь определением фильтрационной способности почвогрунтов методом налива в скважину. Агрохимические показатели почв для оценки плодородия и расчета известкования и доз удобрений при заданной урожайности культур приводятся в разделе проекта "Сельскохозяйственное освоение".

Если же проанализировать суть имеющихся проектов орошения и осушения земель разных регионов страны, можно сделать вывод, что все они близки не только по значениям параметров, но даже по проектным уровням урожаев сельскохозяйственных культур. Причина этого заключается в том, что данные расчеты ведутся по одним и тем же инструкциям, без должного учета природных условий и особенностей почвенного покрова как основного объекта мелиоративного воздействия. Обобщая изложенное выше, можно сделать вывод, что в ныне существующих проектах не предусматриваются мероприятия комплексной мелиорации. Мелиоративные системы, с помощью которых при соответствующей агротехнике осуществляется сельскохозяйственная мелиорация, в настоящее время рассчитываются и проектируются исходя из регулирования уровня грунтовых вод мелиорируемых территорий.

Переход же мелиоративного проектирования на новый качественный уровень подразумевает повышение требований к мелиоративному прогнозу. Разобщение исследований отдельных составляющих природного комплекса приводит к крупным просчетам. Данные неудачи являются результатом недостаточного знания сущности процессов, протекающих в зоне аэрации, особенностей изменения водно-солевого, воздушного, температурного и других режимов почв как в естественном состоянии, так

и под влиянием мелиоративного воздействия. Познание сущности процессов, происходящих в почвах и их количественная оценка возможны в результате изучения режимов почв при длительных стационарных исследованиях. В мелиоративной практике известны работы, в которых отмечается эффективность комплексного воздействия на формирование урожая. Так, В.В.Шабановым (1980в) было определено, что эффективность только водных (оросительно-осушительных) мелиораций довольно низка: 20-40% среднемноголетней прибавки урожая. Совместное регулирование водного и теплового режимов дает прибавку 25-50%, а комплексное регулирование водного, теплового и пищевого режимов - 90-130%. При этом под регулированием пищевого режима в мелиоративном проектировании имеются в виду дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений, выбранные в соответствии с зональной системой земледелия под проектный уровень урожая. Питательный режим - только часть сложной системы круговорота веществ в агроэкосистеме, и его регулирование путем внесения указанных удобрений позволяет вводить в данный круговорот новые количества элементов питания растений (хотя применяемые в настоящее время удобрения далеки от совершенства, так как они не копируют природный круговорот веществ в агроэкосистеме и, следовательно, не сохраняют их баланс). Круговорот каждого элемента лито- и биосферы имеет свои особенности. Динамика химических элементов, а в дальнейшем и их баланс связаны с приходом того или иного элемента в почву и его расходом: потери могут происходить из-за процессов выщелачивания за пределы почвенного профиля, улетучивания в атмосферу, ветровой и водной эрозии. Поступают элементы с атмосферными осадками и грунтовыми водами. Превращения и динамика химических элементов в самой почве зависят от активности микробиологических и энзимологических процессов. Благодаря жизнедеятельности микроорганизмов в круговорот веществ вовлекаются органические соединения. В их составе в химической форме вовлекается и радиационная энергия - основной и почти единственный энергетический источник всех совершающихся на земной поверхности явлений. Активность микробиологических и энзимологических процессов определяет уровень и качественные параметры плодородия почв. Большую значимость данных процессов в познании сущности почвообразования и понимании происхождения и природы почвенного плодородия отмечал А.А.Роде (1971).

Вышеизложенное достаточно четко показывает, что в систему комплексной мелиорации на современном этапе должно входить управление круговоротом воды и веществ на основе познания не только свойств почв как итоговых результатов определенных сочетаний разнообразных режимов, но и собственно данных режимов, и их взаимодействия. Решение мелиоративных задач должно опираться также на знание свойств и процессов, протекающих в мелиорируемых почвах и учет всего разнообразия природных условий. Подобный подход обеспечивает равновесие в биогеоценозе - важнейшем компоненте биосферы.

Мелиорация существенно воздействует на природную среду. Изменяя условия почвообразования и соответственно направленность почвенных режимов, мелиоративное воздействие приводит к необратимому нарушению генетически сложившегося экологического равновесия в почвах. Оценка степени воздействия, не влекущей за собой нежелательных последствий (потери плодородия почвы, снижения ее защитных функций и др.) - важная часть общей экологической задачи мелиорации. Глубокие изменения в природной среде происходят не только в зоне мелиорации, но и на прилегающих к мелиоративным системам территориях. Подобные изменения должны исследоваться на уровне микропроцессов. Так, например, влияние мелиоративного воздействия (орошения, осушения) на гидрохимический баланс территории изучают в основном как изменение содержания того или иного соединения либо в конечной инстанции - поверхностном водоисточнике (куда направлены дренажные воды), либо в подземных водах (как следствие вертикальной миграции). Но причине данной миграции - превращениям веществ в почвах в зоне аэрации - внимания практически не уделяется.

Сохранение благоприятных экологических условий и нормальных функций биосферы возможно в том случае, если исследования всех составляющих компонентов будут проводиться как на микроуровне - изучение микропроцессов в динамике, так и на макроуровне - изменения ландшафта и его режимов. В настоящее время в проектировании предусматривается раздел "Природоохранные мероприятия", в котором

уделяется внимание и охране ландшафта. Однако глубоких комплексных исследований с целью полного отслеживания производимых мелиорацией изменений агроландшафта не проводилось, пожалуй, не только в Сибири, но и в Советском Союзе в целом из-за сложной связи локальных изменений экологической среды с региональными и глобальными процессами биосферы.

В настоящее время мелиоративная наука развивается в 4-х направлениях:

1. Обоснование комплексных мелиораций: кратко- и долгосрочное прогнозирование (Шабанов, 1973, 1976, 1980, 1981, 1982,1983, 1986; Шумаков, 1984).
2. Выбор инженерных решений мелиоративного воздействия на основе математического моделирования (Пилентиков, Циприс, 1978; Шадилов,1978; Циприс, Ревут, 1981; Рабочев, 1981; Акопян, 1983; Тооминг, 1984; Закржевский, 1985, 1986 идр.). Данные два направления входят в систему автоматического проектирования (САПР).
3. Оптимизация хозяйственных, технологических и других решений - автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) (Галямин, 1981; Жуковский, 1981; Платонов, Чудновский, 1984 идр.).
4. Почвенно-мелиоративное (Скрынников, 1961; Зайдельман, 1969-1989).

Указанные направления находятся на разных стадиях развития. Остановимся на анализе первого из них, представителями которого являются С.В.Аверьянов и В.В.Шабанов (1971, 1973). Задачу мелиорации данные авторы видят в изменении условий внешней среды таким образом, чтобы растение формировало максимально возможный урожай. Для решения подобной задачи необходимо знать количественно выраженные требования растений и оптимальные условия внешней среды. На основании этих данных определяются необходимые мелиоративные воздействия на среду посредством приведения разницы между требованиями растений и условиями среды к минимуму (рис. 1).

Коренное улучшение важных для растений факторов внешней среды, определяющих продукционный процесс растений (ППР), чрезвычайно сложно и предполагает разные подходы к решению данной задачи. Подробный и исчерпывающий анализ математических моделей ППР приведен О.Д.Сиротенко (1981) и Н.Ф.Бондаренко (1982). В настоящее время известно около 50 подобных моделей и их модификаций. Существенным недостатком их является большое количество параметров (до 5000), трудно поддающихся определению и регулированию. Желание исследователей как можно точнее отобразить реальную действительность приводит к значительному превышению оптимального числа переменных состояний, которые следует учитывать при решении данной задачи. Кроме того, имеющиеся в настоящий момент знания недостаточны для отсеивания несущественных параметров. Ф.В.Т.Пеннинг де Фриз (1986) совершенно справедливо отметил, что никогда не может быть создана модель, основанная на полном знании всех биологических, физических и химических процессов, происходящих в системе ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-АТМОСФЕРА. Следует заметить, что во всех моделях ППР существенное внимание уделяется влиянию атмосферных явлений и отдельных параметров почвенных режимов на формирование продуктивности растений.

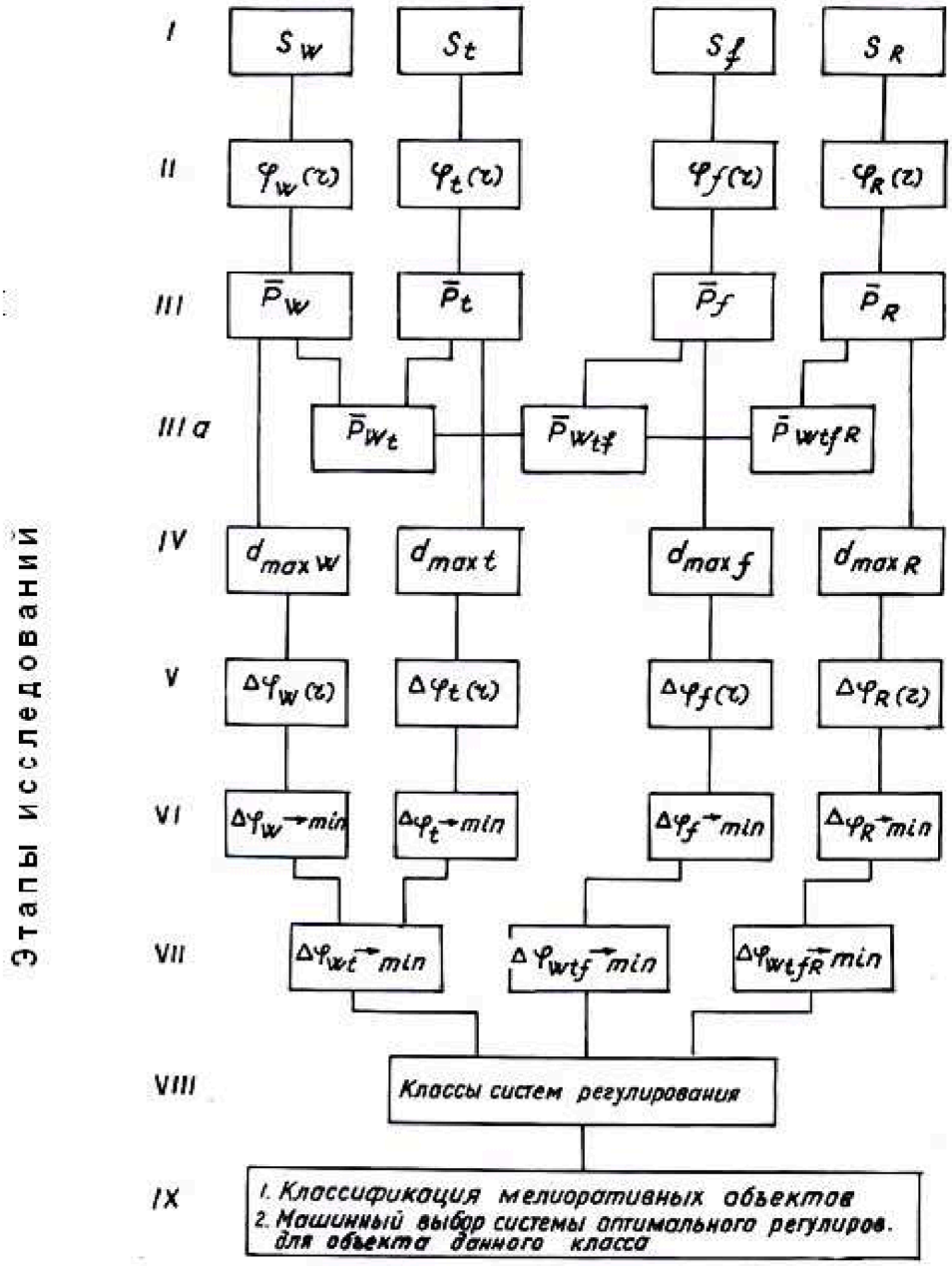


Рис.1. Схема системы мелиоративного регулирования жизненно важных для растений факторов [Шабанов,1973]; I- изучение требований растений к условиям внешней среды; S_w – к водному фактору, S_t – тепловому, S_f – фактору питания S_r – световому; II – изучение условий внешней среды и их изменение во время вегетации; $\varphi_w(r)$ – водный фактор, $\varphi_t(r)$ – тепловой; III – однофакторное биоклиматическое обоснование необходимости мелиораций; $\bar{P}_w$ – водных, $\bar{P}_t$ – тепловых, $\bar{P}_f$ – пищевых, $\bar{P}_r$ - световх;; IIIа – многофакторное биоклиматическое обоснование необходимости мелиораций: $\bar{P}_{wt}$ - гидротермических, $\bar{P}_{wtf}$ - гидротермических и пищевых, $\bar{P}_{wtfr}$ - гидротермических , пищевых и световых; IV – определение максимального диапазона регулирования: $d_{max\ w}$ - водного фактора, $d_{max\ t}$ - теплового, $d_{max\ f}$ - фактор питания, $d_{max\ r}$ – светового; V – вычисление необходимого для создания оптимальных условий прогнозируемого управляющего воздействия по факторам: $\Delta\varphi_{w(r)}$ - водному, $\Delta\varphi_{t(r)}$ - тепловому, $\Delta\varphi_{f(r)}$ – пищевому, $\Delta\varphi_{R(r)}$- световому; VI – расчет регулирующих систем, минимизирующих управляющие воздействия за время $r_{кр}$ с точностью $\pm\delta\varphi$; VII – разработка системы оптимального регулирования по одному, двум, трем и более факторам; VIII – количественная квалификация мелиоративных объектов и систем регулирования; IX – разработка методов машинного проектирования мелиоративных объектов.

Почвенный блок в модели ППР обычно рассматривается как среда обитания растения, конкретнее - всего лишь как пористая среда для передвижения водных и тепловых потоков. Так, М.Г.Саноян, разбирая подходы к модели влагообмена на сельскохозяйственном поле, почве отводит роль "динамической кладовой влаги" (Саноян, 1982г.). Вероятно, отчасти это объясняется как сложностью почвенных процессов, так и отсутствием стройной теории взаимозависимости почвенных режимов и

жизнедеятельности растений. Между тем, теория фотосинтеза растений появилась еще в 1953 году (Росс, 1964), а в конце 60-ых гг. уже были созданы модели для конкретных сельскохозяйственных культур.

Тем не менее ППР и служит основой при разработке В.В.Шабановым (1973, 1976, 1980, 1983) этапов мелиоративного проектирования: "Сельскохозяйственную мелиорацию нужно рассматривать как науку о коренном улучшении всех жизненно важных для растений факторов внешней среды, а в техническом отношении мелиорация есть комплекс мероприятий, позволяющих существенно увеличить продуктивность растений посредством воздействия на среду, минимизируя разность между требованиями растений и внешними условиями" (Шабанов, 1983:150). Для осуществления данного принципа сформулированы цель и требования к системам комплексного регулирования (СКР). Основная цель СКР - оптимальное распределение естественных и искусственно преобразованных природных ресурсов для создания условий максимального использования сельскохозяйственными культурами фотосинтетически активной радиации (ФАР).

Все вышеизложенное позволяет выделить следующие основные положения рассмотренного направления мелиоративной науки: особое внимание в теории комплексных мелиораций уделяется атмосферным параметрам и их влиянию на формирование продуктивности растений. В этом кроется одна из причин того, что, как правило, почвенный блок в модели ППР рассматривается в качестве инертной среды обитания растений. По нашему мнению, объектом моделирования должна быть не оптимизация ППР, а поиск оптимизации прежде всего почвенных режимов, поскольку именно почвенные режимы в наибольшей степени определяются климатическими условиями и трансформируются при мелиорациях. В.А.Платонов и А.Ф.Чудновский (1984) также подчеркивают необходимость учета при мелиорации климата почв. В результате под термином комплексное регулирование условий жизни растений следует понимать регулирование почвенных режимов: водно-солевого, окислительно-восстановительного, теплового, солевого, пищевого, микробиологического. Для эффективности современной мелиорации земель именно почвенные режимы имеют особую важность, так как урожай районированных сортов сельскохозяйственных культур зависит прежде всего от почвенных условий определенного региона с конкретными климатическими условиями. Необходимо также иметь в виду, что для конкретной климатической зоны ФАР характеризуется практически постоянной величиной. Улучшением почвенных условий и селекционным отбором можно увеличить долю использования растениями ФАР, например, от 1,5% до 2-3%. Следовательно, практическое решение мелиоративной задачи - получения устойчивых максимально возможных урожаев в конкретных климатических условиях - возможно за счет оптимизации в первую очередь почвенных условий жизни растений. При этом задача оптимального регулирования режимов почв посредством мелиораций, как справедливо подчеркивал В.В.Шабанов (1973, 1983), может быть решена в значительной мере уже сегодня.

Тезис о том, что необходимое мелиоративное воздействие на среду произрастания растений рассчитывается для требовательной культуры, а точность регулирования должна быть много меньше диапазона адаптации растений, по своей сути декларативен. Большой экспериментальный материал свидетельствует о значительном варьировании пределов требований разных сельскохозяйственных культур к почвенным условиям.

В.С.Шевелуха (1983) для зерновых, возделываемых на суглинистых почвах, нижней границей оптимального уровня влажности почв считает 50% от полной влагоемкости (ПВ), Б.И.Легенченко (1983) - 80%, а И.Ф.Русинов (1982) - 40-50% ПВ для всех сельскохозяйственных культур. И.П.Кружилин (1984) при одинаковой дозе NPK и 50% от ПВ получил урожай 50 ц/га зерна яровой пшеницы, а при 60% от ПВ - 60 ц/га. Вместе с тем, планируемый урожай по ФАР – 130 ц/га не был достигнут.

На торфяных почвах оптимальную влажность для зерновых культур определяют в пределах 50-60%, овощных - 60-75%, корнеплодов - 55-75%, многолетних трав - 56-80%, картофеля и кормовых корнеплодов - 60-65% ПВ. Таким образом, в севообороте на торфяных почвах мелиоративные воздействия должны обеспечивать влажность 50-80% ПВ [Мусикаев, Алексеев,1984].

В процессе роста растений их физиологическая потребность во влаге меняется, следовательно, и онтогенетический режим питания водой не стабилен. При этом устойчивость растений к постепенно нарастающему дефициту влаги зависит от уровня исходной влажности почв. Так, в результате проведенных на торфяно - болотных почвах опытов установлено, что чем выше была начальная влажность, тем чувствительнее реагируют растения на ее нарастающий дефицит (Терентьев, 1978). В табл.1 приведены результаты опытов по выявлению оптимальных пределов влажности при условии постоянного влагосодержания в почвах.

Для многолетних трав, например, характерно высокое содержание воды в тканях (70-80%) и, следовательно, повышенная требовательность к влаге. Кроме того, данная потребность различна для культивируемых и естественных луговых сообществ.

Исследования Н.В.Елиашевич (1986) показали, что влажность корнеобитаемой зоны почвы поймы в интервале НВ-ВРК нельзя считать оптимальной для естественных луговых сообществ. С увеличением легкодоступной влаги, не сопровождающимся длительным поверхностным затоплением, увеличивается прирост биомассы. И для тех, и для других сообществ ППВ, составляющая приблизительно 0,7 ПВ, служит нижним пределом оптимального влагообеспечения, а верхний предел близок к ПВ.

Наши исследования на осушаемых торфяных и минеральных почвах свидетельствуют о положительном влиянии повышенной влажности почв 0,85 ПВ - 1,0 ПВ на увеличение выхода сена. Первый наибольший укос трав отмечается при наличии мерзлого слоя на глубине 40-60 см, невысоких температурах в корнеобитаемом слое и, как правило, наибольшей влагонасыщенности почв, близкой к ПВ [Инишева, 1984, 1985].

В ряде работ (Медведский, Синицын, 1979) отмечается положительное влияние затопления. Называется оптимальным и предел 0,7-1,0 ППВ [Андреев, 1983].

Однако водопотребление, например, многолетних трав зависит и от состава травосмесей: преобладание бобовых ведет к большей требовательности ко влагообеспечению, что объясняется наличием в них белковых веществ, обладающих высокой гидратационной способностью. Содержание воды в листьях многолетних трав определяет интенсивность их транспирации [Копытова, 1985]. Так, интенсивность транспирации колеблется от 0,39 г/г у волоснеца сибирского до 0,65 г/ г в час у регнерии. А так как известно, что уровни содержания воды в листьях и корнях растений соотносятся друг с другом, приведенные цифры свидетельствуют о разнице в водопотреблении отдельных видов многолетних трав в 1,7 раза. Данными авторами, кроме того, показано, что состояние и интенсивность водообмена многолетних трав меняется в ценозе. Так, у люцерны в смешанном посеве интенсивность транспирации 1,13 г/г в час, а в чистом - 0,81 г/г; у костра безостого соответственно 0,76 и 0,54.

Таким образом, нельзя говорить о правильном определении оросительной нормы, не учитывая особенности водопотребления конкретных видов многолетних трав.

Таблица 1.

Параметры влажности торфяно-болотных почв для сельскохозяйственных культур, % ПИВ СТерентьез и др. 1978)

Культура	Оптимальная влажность	Допустимый диапазон влажности	Влажность по фазам роста					
			до начала трубкования		трубкование - молочная спелость		с конца молочной спелости	
			оптимальная	допустимый предел	оптимальная	допустимый предел	оптимальная	допустимый предел
Овес	75-85	65-85	70-60	65-85	80-85	65-85	60-70	50-60
Яровая пшеница	70-80	65-85	70-75	65-65	70-80	65-85	60-70	50-60
Кукуруза	65-80	60-30	—	—	—	—	—	—
Кормовые бобы	65-85	—	—	—	—	—	—	—
Томаты	65-85	—	—	—	—	—	—	—
Ячмень	60-75	55-75	60-65	55-75	65-75	55-75	50-60	50-60

Примечание: Прочерк (-) - нет данных.

Более того, отсутствие четких границ оптимальной для растений влажности, показанное выше, может быть объяснено наличием у растений нескольких оптимумов. Так, Л.В.Заугольнова (1985) считает, что разграничение понятий оптимумов у растений можно провести по следующим основаниям:

1) отношению к разным уровням организации сообществ (организм, популяция);
2) характеру фитоценотических взаимодействий;
3) экологическим возможностям и фитоценотическому положению вида.

О разграничении понятий оптимумов, условий развития растений говорит и В.Д. Друзина (1987). Каждому уровню организации растительных сообществ (организменному, популяционному, ценотическому) свойственны реакции растений на внешние факторы. Так, к организменному уровню многолетних трав авторы относят ростовые реакции, побегообразование, отавность, энергию кущения, отношение к затенению и водоснабжению и др.; к популяционному - отношение к загущенности, уровень продуктивности, эффективность использования минеральных удобрений и др.; к ценотическому - отношение к значимости видов в сообществе, структуры сообществ, их устойчивость и др.

Все вышесказанное позволяет предположить, что задача комплексной мелиорации по созданию наилучших условий для получения экологически устойчивого максимально возможного урожая с позиций удовлетворения требований растений к условиям внешней среды и последующего выбора системы оптимального регулирования на мелиоративных объектах может оказаться не решаемой. В данных обстоятельствах особого внимания заслуживает вопрос оптимизации почвенных режимов не только с позиций требований к ним растений, но прежде всего с позиций экологической самостоятельности почв как части биосферы.

Онтогенез растений предопределен районированием и селекцией сортов. Это означает, что растения соотнесены с природными условиями определенного региона. Почвы же - продукт воздействия всех внешних факторов, следовательно, представляют собой в природных условиях устойчивую экологическую систему, обмен веществ в которой обеспечивает продуктивность естественной флоры и фауны. Но цель сельскохозяйственного производства - получение экологически устойчивых высоких урожаев, уровень которых определяется ФАР данной природной зоны. Таким образом, требуется создать в почвах условия, обеспечивающие прибавку урожая при сохранении баланса обмена веществ в динамике почвенных режимов (например, запас влаги, который требуется для получения экологически устойчивого урожая при соблюдении оросительных норм, не нарушающих водно-солевой баланс самих почв). Все это позволяет признать, что вместо поисков зависимостей требований растений во всем

диапазоне внешних условий следует перейти к оптимизации почвенных режимов на основе мелиоративного воздействия, которое обеспечит получение высоких и экологически устойчивых урожаев одновременно с сохранением в почвах равновесия процессов обмена веществ с окружающей средой.

Обобщая рассмотренные выше положения, следует сказать, что сельское хозяйство, основываясь на почвенно-генетическом подходе к решению комплексных мелиораций, должно решать одновременно две важные задачи:

1) создавать устойчивую продуктивность агроэкосистем;

2) посредством оптимизации режимов сохранять почвы в качестве биологического и экологического ресурса биосферы.

Наконец, из анализа теории комплексных мелиораций вытекает тезис о том, что одним из основных параметров управления системой комплексного регулирования является фактор влажности. Однако влажность - только фон, на котором в почвах протекают обменные процессы химического и биологического характера. Экологическое равновесие в почвах, по нашему мнению, определяется направленностью биохимических процессов, о чем будет сказано ниже.

Существенный интерес представляет почвенно-мелиоративное направление, которое развивается благодаря исследованиям Ф.Р.Зайдельмана (1969 - 1987). Еще в 1969 г. он отмечал, что мелиорация оказывает многофакторное влияние на все элементы ландшафта. Однако в центре мелиоративного влияния остается двухметровая толща горизонтов почвенного профиля, и для обоснованного решения мелиоративных задач необходимо знать свойства и режимы почв в их исходном состоянии и представлять их трансформацию под мелиоративным воздействием.

Ф.Р.Зайдельманом предложен и широко использован метод эколого-гидрологического анализа, сущность которого заключается в "дифференциации почвенных континуумов на отдельные виды почв по степени их заболоченности, по однородности гидрологических условий и общности свойств как среды обитания растений" [Зайдельман, 1985]. Эколого-гидрологический принцип заключается в оценке свойств и режимов почв только в качестве среды обитания культурных растений, объекта сельскохозяйственного использования и мелиорации. Признавая, что мелиорация оказывает многофакторное влияние на все элементы ландшафта, Ф.Р.Зайдельман в понятия эффективности и целесообразности мелиорации минеральных почв, заболоченных в разной степени, вкладывает урожайность сельскохозяйственных культур в разные по увлажнению годы: если осушение эффективно, оно окупается прибавкой урожая, и его следует проводить, создавая при этом оптимальные условия для сельскохозяйственных растений.

Если же исходить из первоочередной задачи - сохранения почвы как компонента биосферы - то мелиорация должна способствовать созданию в почве таких условий, которые обеспечат прибавку урожая, кардинально не меняя направленности генетически сложившихся почвенных режимов. При этом растения подбираются в соответствии со свойствами почв, так как надо признать, что педосфера является экологической средой и основой существования жизни на планете. Организмы живут на почве и внутри нее. Отсюда следует необходимость глубокого изучения, прежде всего, микробиологических и энзимологических процессов в почвах. И если водный режим почв в достаточной мере изучен многими исследователями на значительной территории страны, то исследования биологического режима находятся в начальной стадии.

В заключение следует подчеркнуть, что подбор сельскохозяйственных растений, выбор системы земледелия и мелиораций, видов техники и удобрений должны опираться на принцип экологического соответствия земледелия и ландшафта, понимание долговременных экологических последствий мелиоративного освоения территории.

Ранее уже отмечалось, что почва является биогеохимической системой, обладающей способностью саморазвития, самоуправления и создания режимов, которые обеспечивают существование живого вещества. Сохранение биологических функций почв основывается на оптимизации их режимов. Это составляет сущность почвенно экологического обоснования комплексных мелиораций. Образование же почвы генетически неразрывно связано со всеми компонентами биосферы. Мелиорация вносит

изменения в почвенный покров, а также другие компоненты ландшафта не только улучшаемых угодий, но и прилегающих территорий. Изменения, происходящие при мелиоративных воздействиях, могут быть кратковременными или длительными, локальными или охватывающими обширные территории. Данные вопросы подробно и всесторонне охарактеризованы Б.С.Масловым и И.В.Минаевым (1985).

Нерациональная мелиорация может вызвать нежелательные последствия: исчезновение отдельных видов флоры и фауны, значительное снижение численности видов и популяций диких животных, изменение природных факторов, резкое понижение или повышение уровня грунтовых вод и так далее. Вместе с тем, правильно спланированные мелиоративные мероприятия не вызывают отрицательного воздействия на окружающую среду [Клюева, 1973; Корчоха, 1982; Нестеров, 1982]. Так, А.Г.Булавко и Б.С.Маслов (1982) отмечают, что на неосушаемой территории Полесья влагозапасы поддерживались в неподвижном состоянии и не принимали участия во влагообороте, но при осушении за счет сработки вековых запасов вод и увеличения стока в летнюю межень произошло увеличение годового речного стока и водности малых рек.

До проведения мелиоративных работ в бассейне р.Нарева 7,4% площади почв прилегающей территории испытывали переувлажнение (Карловский, 1986). После осушения торфяных болот в пределах бассейна изменился и водный режим почв: в 100 м от осушаемого массива уровень грунтовых вод (УГВ) поддерживался на 79 см, в 1000 м - на 38 см, в 3000 м - на 5-9 см.

Для выработки стратегии использования природных ресурсов, следовательно, и экологической (а не только экономической) оценки предполагаемых мероприятий необходимо знать прогноз изменения агроценоза при его мелиорации. Это составляет задачу экономически эффективного и ландшафтно рационального обоснования комплексных мелиораций. Оценить степень мелиоративного воздействия и его последствий необходимо до того, как оно будет осуществлено, то есть на уровне проектирования объекта мелиорации.

Изложенное позволяет построить логическую схему этапов мелиоративного проектирования (рис. 2). При проектировании объектов мелиорации и выборе оптимального варианта для проекта предлагается взять за основу оптимизацию почвенно-генетических режимов с учетом принятого уровня устойчивого урожая сельскохозяйственных культур. Методические указания по выбору уровня урожая разработаны М.К.Каюмовым (1977), Н.Ф.Бондаренко и Е.Е.Жуковским (1982). Однако все они рассчитаны на неблагополучие какого-либо из параметров условий формирования урожая, чаще всего на недостаточную влагообеспеченность. При оптимизации почвенных условий нерегулируемым остается один фактор - приход ФАР. Первый уровень должен соответствовать расчетному урожаю - 1,0-1,5% ФАР. Это согласно многочисленным исследованиям [Тооминг, 1984 и др.] - вполне реальный урожай. Второй уровень - урожай, получаемый в среднем за многолетний период по районированным сортам на сортоиспытательных станциях, где не регулируется водный режим, но агротехнические мероприятия соблюдаются полностью, что должно быть и на мелиорируемом поле. Данный уровень может быть проектным. Третий уровень - страховой на случай существенного отклонения режима работы мелиоративной системы от оптимального.

Разработка проекта проводится в два этапа:

1) почвенно-генетическое обоснование комплексных мелиораций;

2) выбор системы мелиоративного воздействия на основе экономически эффективного ландшафтно-геохимического обоснования комплексных мелиораций.

На основании учета генетического состояния агробиоценоза, планируемого объема валовой продукции определяются суммарные требования к пищевому, водному, тепловому и другим режимам почв, проводится анализ обеспеченной потребности урожая в тепло-, влаго-, солересурсах почв. При решении задачи оптимизации почвенных режимов в соответствии с суммарными требованиями сельскохозяйственных культур определяются гидротехнические и почвенно-мелиоративные параметры мелиоративных систем - это первая часть работы над проектом мелиорации.

Вторая часть состоит в выборе системы мелиоративного воздействия для осуществления регулирования требуемых почвенных условий с учетом экологии

ландшафта. При этом возможны несколько вариантов инженерных решений. В окончательном варианте в рабочий проект после эколого-экономической экспертизы включается одно из решений как основное.

В заключение следует подчеркнуть, что почва - компонент биогеоценоза. Ее биогеоценотические функции очень разнообразны. Их важность определяется прежде всего тем, что почва имеет многогранное значение для функционирования агробиоценоза. Однако до сих пор в мелиорации продолжает сохраняться упрощенное представление об экологическом значении почвы. В результате почва как основной элемент агробиоценоза по существу не принимается во внимание вообще. Таким образом, забывается основной принцип мелиорации - улучшение, в том числе и улучшение почв.

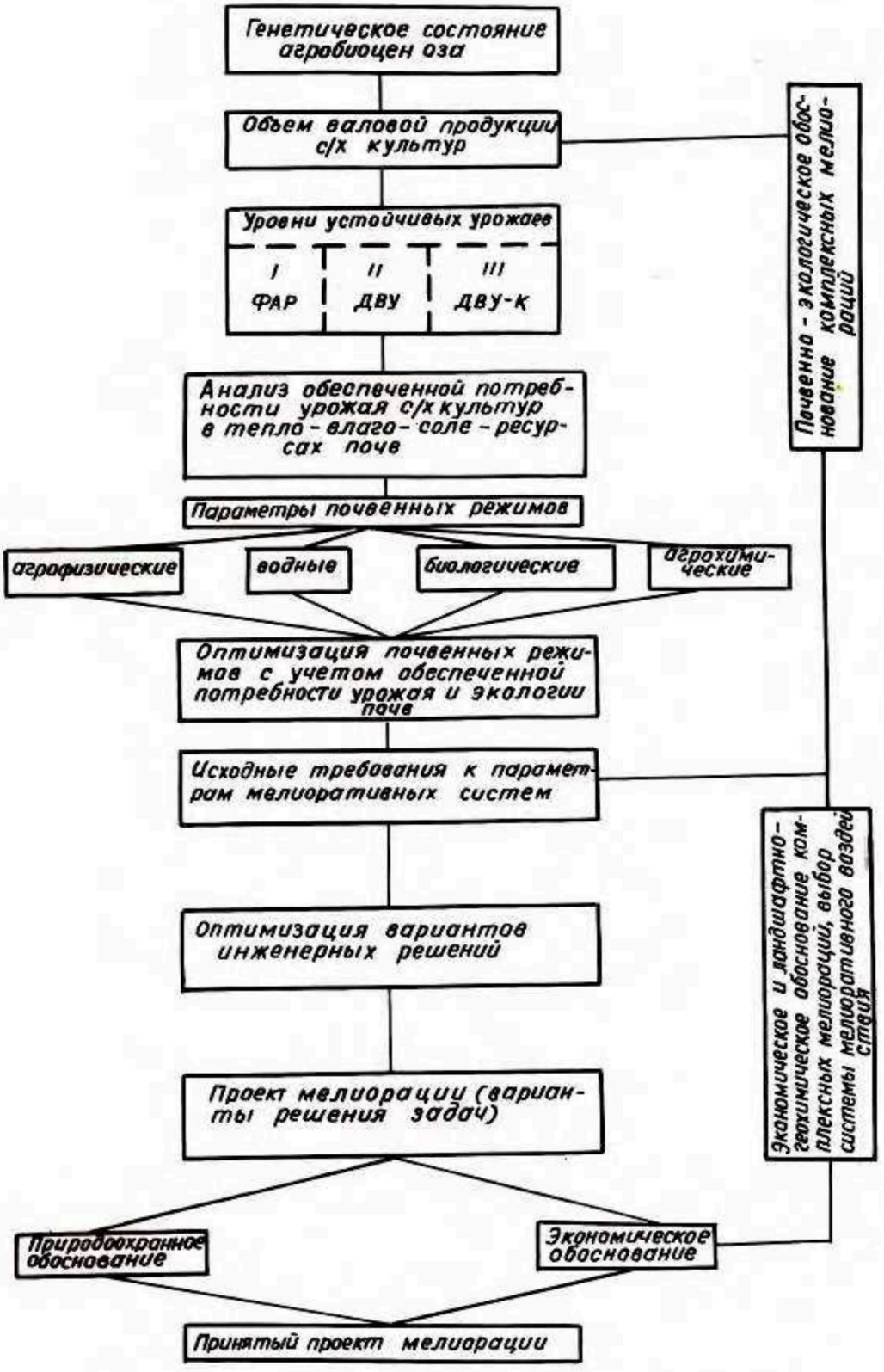


Рис. 2. Этапы мелиоративного проектирования

Г л а в а 2. ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ Р.ОБИ И ЕЕ ПРИТОКОВ КАК ОБЪЕКТ МЕЛИОРАЦИИ (В ПРЕДЕЛАХ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Из общей площади пойменных земель долины р.Оби (1,3 млн.га) всего лишь 130 тыс. га имеют удовлетворительное мелиоративное состояние. Значение пойменных почв в сельскохозяйственном производстве данной территории возрастает с юга на север: если в южных районах Томской области пойменные почвы составляют только 6% от общей площади сельскохозяйственных угодий, то в центральных и северных районах соответственно - 30% и 80% (Воробьев, 1971). Проведение мелиораций на пойменных почвах является крайне необходимым. Вместе с тем, опубликованные данные и материалы наших исследований свидетельствуют об определенных особенностях природных условий поймы р.Оби и ее притоков в пределах южно-таежной подзоны.

П р и р о д н ы е у с л о в и я. Основные результаты изучения климатических условий южнотаежной подзоны освещены в ряде работ [Коженкова, 1957; Орлова, 1962; Рутковская, Окишева, 1966 и др.]. Установлено, что среднегодовая температура изменяется от минус 0,3-0,6 градусов С в южной части подзоны до минус 1,4-1,5 градусов С в ее северной части. Максимальный прогрев воздуха приходится на июль со средней температурой 17,2-18,5 градусов С. Средняя продолжительность периода с температурой выше 10 градусов С составляет в южных районах 109-117, в северных - 95 дней. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 400-500 мм при среднем суммарном испарении 330 мм. Положительный водный баланс создает предпосылки к развитию на данной территории гидроморфных и полугидроморфных почв. Однако распределение осадков по отдельным месяцам вегетационного периода существенно различается (таблица 2). Это подтверждается расчетами, проведенными В.И.Юхлиным (1974). В течение всего вегетационного периода выпадает до 50% годового количества осадков, что обеспечивает высокую влажность воздуха, исключая возможность физиологических засух.

Т а б л и ц а 2.

Осадки в годы различной обеспеченности, мм (за период 1948-1971 гг. по ГМС Томской области)

месяц	Обнспеченночть осадков, %	ГМС		
		Кожевниково	Томск	Первомайск
	11,1	72,0	33,7	73,4
	23,4	26,1	37,3	59,1
май	48,0	17,1	20,1	28,8
	72,5	37,7	61,0	27,4
	11,1	54,0	129,2	39,2
	11,1	54,0	129,2	39,2
июнь	48,0	52,2	79,3	49,3
	72,5	43,3	54,0	13,5
	11,1	71,0	51,5	70,6
	23,4	85,0	64,1	34,5
июль	48,0	97,9	66,7	90,7
	72,5	38,4	63,0	57,6
	11,1	78,0	117,4	113,8
	23,4	42,0	138,9	72,8
август	48,0	36,8	86,2	20,4
	72,5	37,1	38,0	122,2
	11,1	50,0	15,5	36,3
	23,4	40,0	43,3	62,8
сентябрь	48,0	35,2	31,6	52,1
	72,5	43,9	30,0	29,6

Своеобразие климатических условий оказывает существенное влияние на почвообразование в данной подзоне: продолжительное пребывание почв в мерзлом состоянии сокращает активный период почвообразования, что обуславливает замедление процессов биохимических превращений; избыточное увлажнение на фоне слабо водопроницаемых суглинистых отложений (в особенности в условиях низких пойм) предопределяет возможность активного торфонакопления.

По данным Г.М.Сергеева (1987) гидротермические условия южно-таежной подзоны Западной Сибири в целом позволяют выращивать ранне- и среднеспелые сорта сельскохозяйственных культур, требующих довольно высоких сумм среднесуточных температур выше 10 градусов С (1300-1700 градусов С) и продолжительности данного периода в 90-100 дней.

Сопоставление расчетной продуктивности климата с фактической урожайностью в таежной зоне, проведенное Г.М.Сергеевым (1987) показало, что фактическая урожайность в среднем составляет всего 40% от потенциальной. Высокие урожаи районированных сортов сельскохозяйственных культур могут быть получены при условии регулирования водного режима пойм путем мелиоративного воздействия. Надо заметить, что в условиях Западной Сибири большое влияние на растениеводство оказывают также поздние весенние и ранние осенние заморозки - фактор, сокращающий продолжительность вегетационного периода. В среднем последние заморозки на территории области наблюдаются с 19 мая по 16 июня. Наступление первых заморозков отмечается в середине сентября, крайне редко они бывают в начале сентября. Наблюдения показывают, что заморозкам наименее подвержены побережья рек, вершины грив, верхние части склонов. Наименьшая продолжительность безморозного периода отмечается на северо-востоке Томской области (90 дней), наибольшая - в долине р.Оби (117-123 дня). Г.М.Сергеевым (1987) разработана классификация местоположений по морозоопасности, куда вошло описание 30 элементов рельефа. Наибольший балл морозоопасности имеют водораздельные пространства. Так, поймы широких долин рек имеют 50 баллов морозоопасности, долины малых рек - 90, участки поймы, удаленные от русла реки - 30. Необходимо заметить, что на климат поймы в отличие от других элементов рельефа оказывает влияние близость больших масс воды, в результате чего микроклимат характеризуется определенной особенностью: общим смягчением по сравнению с водораздельными участками. Так, по нашим метеорологическим наблюдениям, проведенным в пойме р.Томи, среднемесячная температура воздуха в пойме в мае, июне и августе выше соответственно на 0,1;1,2 и 0,2 градуса С, чем на водоразделе, и в сентябре на 0,4 градуса С ниже (расстояние между гидрометпостами - 25 км). Более значительными различиями характеризуется количество выпадающих атмосферных осадков (в пределах 0,2-20,0 мм).

В геологическом отношении исследуемая территория, располагаясь в пределах Западно-Сибирской равнины, представляет собой эпигерцинскую плиту со складчатым, местами двухярусным доюрским фундаментом и чехлом мезозойско-кайнозойских пород [Казаринов, 1960; Ростовцев, Рудкевич, 1965]. Глубина залегания фундамента в пределах основной сельскохозяйственной зоны Томской области изменяется от нескольких метров на крайнем юге (с.Батурино) до 4-5 километров на севере [Сурков, 1963]. Наиболее молодыми геологическими образованиями на исследуемой территории являются аллювиальные отложения поймы р.Оби и ее притоков. Однако пойма продолжает формироваться и в настоящее время. Наряду с аккумуляцией аллювия действует и боковая эрозия. На отдельных участках р.Оби ежегодно размывается прибрежная полоса поймы шириной до 40-50 м при длине фронта размыва в несколько километров [Земцов, 1979].

В геоморфологическом отношении пойма самой Оби и ее притоков относится к внеледниковой зоне. Как отмечает В.С.Хромых (1975), Обская пойма сформировалась в конце голоцена. В целом это обширная аллювиально-озерная равнина, где четвертичные отложения наложены на древние породы. По данным Б.М.Мизерова (1953), в четвертичных отложениях поймы выделяются два литологических слоя: нижний - песчаный, верхний - иловато-глинистый или суглинистый. Рельеф поверхности поймы изменяется по мере продвижения с юга на север. В.С.Хромых (1975) выделяет два геоморфологических типа поймы:

1. Проточно-островная пойма имеет распространение от южных границ области до впадения р.Томи в р.Обь. Русло здесь разделено на рукава, образующие сопряженные системы, то есть острова вытянуты вдоль русла в виде цепочек. Суммарная ширина меженного русла в местах разветвлений составляет в среднем 3-5 км, а там, где река собирается в одно русло, - 600-700 м.

2. Сегментно-гривистая пойма распространяется от впадения р.Томи в р.Обь до северных границ области. Формирование пойменной долины происходит вследствие меандрирования русла.

В пойме р.Оби и ее притоков по рельефу, условиям образования и характеру отложений довольно четко выделяются три части: прирусловая, центральная и притеррасная. Для прирусловой части поймы характерно наличие прируслового вала, созданного песчаными и супесчаными отложениями. Гранулометрический состав данных наносов характеризуется преобладанием мелкого песка и крупной пыли. Для центральной части поймы характерен гривистый рельеф. Отложения представлены здесь чаще всего двучленными наносами. С поверхности залегает суглинисто-глинистый аллювий, который подстилается породами более легкого гранулометрического состава. Соответствующие анализы отражают преобладание в составе поверхностных осадков поймы крупной пыли и ила. Рельеф притеррасной поймы сильно понижен. Данная часть поймы сложена преимущественно глинистыми наносами, местами она подстилается песками и супесями.

В целом рельеф р.Оби и ее притоков своим происхождением обязан эрозионно-аккумулятивной работе русла. Однако существенные изменения в первичный аккумулятивный рельеф внесли оползни [Земцов, 1970]. В результате их воздействия некоторые участки прирусловой поймы оказываются более возвышенными, нередко бугристыми. Особые типы рельефа образуются в результате разрастания болот [Земцов, Бураков, 1970].

На формирование почвенного покрова поймы р.Оби и ее притоков огромное влияние оказывает также гидрологический режим. По уровенному режиму и морфологическим особенностям в пределах южной и центральной зон Томской области выделяются четыре крупных пойменных массива, три из которых относятся к исследуемой нами территории. Первый массив охватывает пойму р.Оби на участке от с.Батурино до впадения р.Томи. Он характеризуется сравнительно небольшой продолжительностью затопления (30-35 суток) при средних отметках поверхности поймы. В пределах данного участка р.Обь протекает в долине, ширина которой 8-12 км [Малик, 1978]. Пойма шириной 8-10 км плоская, с чередованием грив, ложбин и обширных понижений. В ложбинах между гривами располагаются небольшие озера, глубиной до 1,3- 3,0 м. Пойма реки на 50% залесена лиственным лесом и кустарником, а в межгривных понижениях заболочена. Нижний участок р.Томи, оконтуривающий северную границу массива, расположен в пойменной долине шириной 4-5 км с плоским рельефом, расчлененным водотоками и озерами. Затопление поймы р.Томи от с.Ярского до г.Томска непродолжительно, в среднем оно составляет 3-5 суток. Сроки освобождения поймы от воды на спаде половодья падают на вторую половину мая.

Второй пойменный массив в долине р.Оби расположен на участке от впадения р.Томи до устья р.Шегарки (включая ее среднее и нижнее течение). На данном отрезке водный режим Обской поймы в значительной мере зависит от режима р.Томи. По сравнению с первым пойменным массивом здесь наблюдается большая дифференциация отметок между отдельными элементами поймы, в результате чего характеристики затопления изменяются в широком диапазоне: в годы с высоким весенним половодьем пойма может быть затоплена от 25 до 45 суток. Обская пойма, отнесенная ко второму массиву, имеет ширину 1,0-1,5 км, как правило, невысока, с обилием грив и ложбин. Длительность затопления поймы средних рек данного массива не превышает 30 суток (р.Кия), а на р.Шегарке она уменьшается до 10-15 суток.

Третий пойменный массив в пределах долины р.Оби расположен на участке от устья р.Шегарки до впадения р.Чулыма. На данном участке продолжительность и слой весеннего затопления увеличиваются. В многоводные годы половодье длится 45-70 суток. Река Чулым в пределах Томской области течет по широкой (до 10 км) пойме, изобилующей озерами и старицами. Продолжительность затопления поймы р.Чулыма на

участке с.ТЕГУЛЬДЕТ - УСТЬЕ РЕКИ составляет 40-80 суток. Сроки освобождения от воды падают на середину-конец июня. Следует отметить и общую особенность гидрологических условий рассматриваемого региона, которая определяется тем, что р.Обь имеет самые низкие уклоны из всех крупных рек, впадающих в Северный Ледовитый океан [Малик, 1978]. Так же малы и уклоны ее притоков. В результате создаются неблагоприятные условия стока, растягивающие половодье. Пойма длительное время находится под воздействием паводка.

В большинстве случаев освобождение почв пойм от весеннего затопления заканчивается в 10-20 числах июня. В многоводные годы указанный срок несколько удлиняется, а в сухие - сокращается. В целом можно считать, что режим речного стока на рассматриваемой территории неблагоприятен для мелиоративного строительства: исключается возможность интенсивного использования почв пойм без создания дорогостоящих гидротехнических сооружений. Известно, что длительность стояния паводочных вод в пойме зависит от ее высотных уровней. В.С.Хромых (1973) выделяет четыре высотных уровня поемности для р.Оби:

1. Исключительно долгопоемный высотный уровень. Он охватывает наиболее низкие участки поймы, занимающие в среднем 2-3% от ее площади. Продолжительность затопления 65-75 дней.

2. Долгопоемный высотный уровень. К нему принадлежат низкие прирусловые валы, гривы, а также присклоновые низины. Такие участки поймы занимают 25% от общей площади. Продолжительность затоплений 40-65 дней.

3. Среднепоемный высотный уровень. Он охватывает прирусловые валы, занимающие 55-60% площади в пойме. Продолжительность затопления 20-35 дней.

4. Краткопоемный высотный уровень. К нему относятся наиболее высокие гривы, которые составляют 15% площади пойм.

Вместе с тем, следует подчеркнуть, что из-за сложности рельефа и литологического строения в разных частях одной и той же поймы может различаться уровень верховодки и грунтовых вод. Появление верховодки может быть обусловлено наличием глинистых прослоек или являться результатом заполнения аллювиальными наносами понижений рельефа. Водоносные горизонты верховодки имеют временный характер и питаются за счет паводочных вод и атмосферных осадков.

Грунтовые воды залегают на различной глубине. В прирусловой части поймы наибольшая глубина залегания изменяется от 1 до 5 м, в центральной - от 0,5 до 3 м, в притеррасной - от 0 до 2 м. Режим грунтовых вод поймы определяется грунтовыми водами водораздела и уровнем реки. В связи с вышесказанным большой интерес представляет гидрохимическая характеристика грунтовых и речных вод.

Согласно классификации О.А.Алекина (1970), рассматриваемая территория относится к гидрокарбонатному классу вод слабой степени минерализации. На заболоченных водосборах формируются речные воды с повышенной окисляемостью и цветностью, но минерализация остается на среднем для исследуемого региона уровне. Исключение составляют некоторые левобережные притоки р.Оби (Шегарка, Чая), в бассейнах которых обнаруживаются породы неогена, представленные глинами и известняком, чем, очевидно, и объясняется повышенная (до 940 мг/л) минерализация данных вод. В период весеннего половодья русловая сеть получает питание за счет талых снеговых вод, минерализация которых низка (от 14 до 67 мг/л). Из катионного состава преобладают ионы Ca^{++} и Mg^{++}, из анионного – HCO_3^- и SO_4^{--}. Ион Cl^- на большей части территории присутствует в незначительном количестве. Содержание нитратов изменяется от 0,00 до 0,08 мг/л и в самых редких случаях достигает 0,467 мг/л. Содержание растворенного минерального фосфора колеблется в больших пределах - от 0,00 в лесной до 0,45 мг/л в лесостепной зоне. Содержание подвижного железа невысоко.

Минерализация вод отложений поймы составляет от 98 до 651 мг/л при среднем значении 298 мг/л. Химический состав чаще гидрокарбонатно-кальциевый, кальциево-магниевый, гидрокарбонатно-хлоридный. Содержание железа составляет 0,2-8,0 мг/л, нитратов - 0,2 мг/л, сульфатов - 2,8 мг/л, аммония - 0,8 мг/л, pH вод - 6,8.

В геоботаническом отношении исследуемая терррритория, согласно классификации Н.Ф.Вылцан (1969), входит в южный лугово-пойменный район, для которого характерны сравнительно высокая залесенность и закустаренность поймы.

Распространены березовые, березово-осиновые леса. В прирусловой части хорошо развиты кустарниковые заросли с преобладанием ив. В пределах центральной части поймы господствующее положение (до 50% площади) получили луга, представленные пырейными, костровыми, вейниковыми и полевицевыми формациями. Наибольшее распространение получили овсяницевые луга.

В целом типологический состав лугов разнообразен и характеризуется 19 формациями, а луговые травостои представлены приблизительно 300 видами растений. Для луговых формаций поймы р.Оби и ее притоков характерна постепенная сменяемость как по поперечнику поймы, так и в направлении с юга на север, в последнем случае происходит сдвиг в сторону гидрофильности и обеднения видового состава данных формаций. В притеррасье сосредоточены крупные болотные массивы, которые занимают 20-25% площади поймы.

Все вышеперечисленные факторы отражаются на морфологических, физических и химических свойствах почв пойм. Так, периодическое отложение за счет половодий на поверхности поймы свежего наилка способствует слоистому сложению почв. Изменения данного фактора наблюдаются с юга на север и по поперечнику поймы. Например, в прирусловой части поймы наносы представляют собой "слоеный пирог", в котором по цвету и гранулометрическому составу каждого слоя можно получить представление о характере половодья. В центральной части поймы наносы отлагаются в виде тонких осадков, которые содержат в своем составе гумусовые вещества, органические и неорганические соединения, коллоидные включения различной биохимической структуры. Ежегодная аккумуляция отложений в центральной части поймы приводит к погребению ранее сформировавшихся почвенных горизонтов. Данные отложения, богатые органическим веществом, формируют мощный (до 1 м и глубже) аккумулятивно-перегнойный горизонт. В притеррасной части поймы, как уже отмечалось выше, создаются условия для болотообразовательного процесса либо образуются глинистые наносы с преобладанием ила и низкой фильтрационной способностью.

Повышенное увлажнение, определяемое половодьем и высоким уровнем залегания грунтовых вод в весенне-осенний период, вызывает в почвах процессы оглеения, ортштейнообразования. Химический состав речных и грунтовых вод оказывает непосредственное влияние на формирование агрохимических свойств почв пойм. Так, невысокое содержание железа в большей части вод поймы определяет невысокие концентрации железа и в почвах, что, в свою очередь, исключает возможность процесса заохривания дрен при строительстве дренажных систем. Бикарбонатный состав грунтовых вод оказывает влияние на формирование реакций среды пойменных почв, близкой к нейтральной. Сложность рельефа поймы, который характеризуется наличием грив и межгривных понижений, большим количеством стариц, проток, озер, определяет большое разнообразие комбинаций почвенного покрова поймы.

О с о б е н н о с т и ф и з и к о - х и м и ч е с к и х и б и о л о г и ч е с к и х с в о й с т в п о ч в. Разнообразие экологических условий поймы р.Оби способствует формированию неоднородного почвенного покрова при протекании следующих элементарных процессов почвообразования: дернового, лугового, болотного. Каждому из данных почвообразовательных процессов соответствует определенный тип почв. Основные результаты изучения почв пойм района исследований освещены в ряде работ [Кузнецов, 1937, 1949, 1951; Непряхин, 1963, 1971; Тюменцев, Непряхин, 1968; Добровольский, 1971, 1976; Славнина, 1971; Вылцан, Лиханова, 1972; Славнина, Лиханова, 1978; Гаджиев, 1976]. Из всех пойменных почв в настоящее время к освоению подлежат пойменные дерновые, пойменные дерново-глееватые и пойменные болотные торфяные (по классификации В.И.Шрага (1954)), или соответственно - аллювиальные дерновые, аллювиальные дерново-глееватые и аллювиально болотные торфяные (по классификации и диагностике почв в Западной Сибири (1979)), или соответственно - аллювиальные дерновые кислые, аллювиальные болотные иловато-глеевые и аллювиальные иловато-торфяные (по классификации и диагностике почв СССР (1977)). В дальнейшем для простоты изложения данные почвы соответственно будут обозначаться как дерновые, дерново-глееватые и торфяные.

Дерновые и дерново-глееватые почвы. По материалам Томской экспедиции института Запсибгипрозем нами определена площадь распространения дерновых и дерново-глееватых почв, которая составляет 125 тыс. га или примерно половину пойменных земель р.Оби и ее притоков в основной сельскохозяйственной зоне Томской области. Торфяные почвы занимают четвертую часть пойменных земель [Инишева, 1974]. При обследовании почв юго-восточной части Западной Сибири К.А.Кузнецовым (1937, 1949, 1961) в поймах рр.Томи, Яи, Кии, Чулыма были выявлены дерновые почвы с наличием погребенных гумусовых горизонтов, отмечен их двучленный гранулометрический состав, облегчающийся книзу. Было отмечено, что почвы пойм рассматриваемой территории отличаются от своих аналогов в северных районах области более мощным гумусовым горизонтом с постепенным снижением гумуса вниз по профилю. В более поздних работах [Непряхин, 1963; Тюменцев, 1968; Славнина, Непряхин, 1971] дерновые почвы центральной поймы р.Оби были выделены как наиболее перспективные для сельскохозяйственного освоения.

Дерновые почвы располагаются на ровных повышенных элементах рельефа поймы. Сравнительно глубокое залегание грунтовых вод в данных почвах (от 3 м и глубже) [Танзыбаев, Инишева, 1976] указывает на незначительное их участие в водном режиме дерновых почв. В периоды весеннего половодья и дождевых паводков грунтовые воды не поднимаются выше 3 м. Как показано Т.В.Афанасьевой и Р.А.Груздковой (1985), обеспеченность дерновых почв поймы паводками составляет 30-40% , среднемесячная продолжительность их поемности - приблизительно 50 дней. Временное переувлажнение, наступающее в период выхода паводочных вод на высокую пойму, не успевает активизировать восстановительные процессы, поэтому охристо-сизые оттенки почвенного профиля, характерные для дерново-глееватых почв, развивающиеся под постоянным или периодическим влиянием грунтовых вод, у дерновых почв не выражены.Агрохимические свойства дерновых и дерново-глееватых почв поймы благоприятны: содержание гумуса составляет 3-6%, почвенный поглощающий комплекс насыщен кальцием и магнием, степень насыщенности 70-99% (таблица 3). Гранулометрический состав почв и подстилающих пород высокой поймы неоднороден. Как правило, тяжелый гранулометрический состав верхних горизонтов на глубинах от 50 см и ниже сменяется на более легкий. В притеррасной части поймы, где подстилающие слои тяжелого гранулометрического состава достигают мощности 3-9 м,по всему почвенному профилю преобладает тяжело-суглинистый и глинистый состав с большим содержанием илистой фракции.

Таблица 3

Химический состав пойменных дерново-глееватых почв

Пункты обследования почвы	№ разреза	Генетический горизонт	Глубина, см.	Гумус, %	pH солевой	Сумма поглощенных оснований	Гидролит. кислот	Степень насыщенности основ., %	P_2O_5, мг/100 почвы
						мг/экв/100 г почвы			
С-з "Тахтамышевский" Томского района дерновая,пойма р.Томь	I	A	10-20	3,27	6,4	38,3	1,36	96,5	16,0
		A_1	40-50	2,24	5,8	41,0	0,2	99,7	17,2
		A_1	75-85	1,34	6,6	23,0	0,1	99,6	-
		B	110-120	0,68	6,4	17,2	0,6	96,6	-
		C	170-180	-	6,0	30,0	0,5	98,3	-
К-э "Маяк" Первомайского района, дерновая, пойма р. Чулыма	II	A_1	5-15	5,62	5,5	10,8	7,0	60,7	7,5
		AB	40-50	2,68	4,2	27,2	7,5	78,3	7,0
		B	50-60	-	4,3	25,2	7,2	77,8	-
		C	170-180	—	5,1	10,8	1,8	85,7	-
		A_1	10-20	6,00	4,6	24,8	9,6	72,0	2,5
К-з "Россия" Зырянского района, дерновая, пойма р. Кии	32	A_1	30-40	-	3,9	26,8	13,1	67,3	0,8
		AB	46-56	-	3,3	25,0	12,0	67,4	-
		B	60-70	-	-	25,6	7,8	76,4	-
		C	200-220	-	4,6	23,4	3,1	88,3	-
С-з им, Ленина Асиновского района, дерново-глееватая, пойма р. Яи	62	A_1	0-18	5,79	6,2	38,4	7,6	83,5	1,1
		B_1	30-40	-	6,6	35,0	4,3	89,0	2,2
		B_2	70-80	-	6,6	30,6	3,9	88,7	-
		BC	I30_I40	-	6,6	27,2	1.6	94,4	-
С-з им. Свердлова Кривошеинского района, дерново-глееватая, пойма р. Шегарки		A_1	0-20	3,66	5,9	45,8	1,9	96,1	12,5
		B_1	30-40	3,66	5,7	49,0	6,1	89,2	18,6
		B_1	50-100	1,83	5,9	44,8	2,2	95,2	5,1
		C	I10-120	-	6,0	31,8	1.3	96,0	-

Примечание: прочерек (-) – нет данных

В зависимости от гранулометрического состава и подстилающих пород фильтрационные свойства дерновых и дерново-глееватых почв поймы будут различаться. Поэтому важно отметить, что в рассматриваемых почвах в слое тяжелого гранулометрического состава встречаются супесчано-песчаные прослойки, а иногда и тонкие прерывистые слои гальки мощностью 0,5-3,0 см. Подобное сложение почвенного профиля ускоряет сброс избыточной влаги. С другой стороны, как полагает Г.В.Назаров (1970), при сочетании слоев, утяжеляющихся к поверхности, возрастает возможность большего капиллярного подъема влаги по сравнению с грунтом однородного гранулометрического состава.

О свободном капиллярном передвижении влаги в дерновых и дерново-глееватых почвах свидетельствуют их водно-физические свойства (таблица 4). Следует отметить, что исследуемые почвы имеют слабую уплотненность верхней части профиля. Этим наряду с другим определяющим фактором - неоднородностью гранулометрического состава - объясняются заметные колебания значений объемной массы. Важной особенностью данных почв является их способность длительное время удерживать запас влаги, равный полной влагоемкости. Так, неоднократно проведенные опыты по определению ППВ показали, что равновесное состояние влаги, соответствующее ППВ, наступает через 7-11 суток после водонасыщения почвы. Отсюда можно заключить, что в годы с низким половодьем, когда пойма не затапливается, весенние влагозапасы в пойменных почвах быстро расходуются, и возникает дефицит почвенной влаги. При высоком половодье и выходе паводочных вод на пойму длительный период после их

спада почвы остаются в переувлажненном состоянии, что затрудняет их сельскохозяйственное использование.Своеобразие дерновых и дерново-глееватых почв пойм заключается и в их непрочной структуре, которая характеризуется невысоким содержанием агрономически ценных агрегатов, особенно водопрочных.Своеобразны в поймах и процессы гумусообразования: они определяются не только поступлением и разложением растительных остатков, но и периодическим отложением гумусовых веществ в составе взвешенных наносов.

Таблица 4

Водно-физические свойства дерновых и дерново-глееватых почв

Пункты обследования, почвы	Генетический горизонт	Объемная масса,г/см^3	Удельная масса,г/см^3	Порозность, %	Запасы влагт при ППВ (мм) в слое		Поливная норма при влажности, соответствующей нижнему пределу оптимального увлажнения, мм		Коэффициент фильтрации, мм\мин		
									с поверхности	с горизонта	
					0 - 50 см	0 - 100 см	0 - 50 см	0 - 100 см		В	С
С-з "Батурикекий" Томского района,дерновая, пойма р.Томь	A_1	1,20-1,17	2,45-2.46	55-53	159	302	48	90	2,8	3,25	1,88
	В	1,25-1,40	2,47-2,52	49-52							
	С	1,58-1,64	2,49-2,53	37-35							
С-з "Тахтамышевский" Томского района, дерновая, пойма р.Томь	A_1	1,08-1,32	2,51	57-47	170	343	51	103	1,29	7,48	1,32
	В	1,13-1,21	2,49-2,52	55							
С-з "Победа" Томского района, дерново-глееватая, дерново-глееватая, пойма р.Китат	A_1	1,03-1,19	2,44-2,46	58-52	213	399	64	120	1,17	0,85	-
	В	1,23-1,30	2,50-2,52	51-49							
Элитное хозяйство Чаинского района, дернсво-глееватая, пойма р.Чаи	A_1	1,22-1,37	2,33-2,36	46-42	222	443	64	130	1,11	-	-
	В	1,37-1,48	2,37	42-38							

Накопление органического вещества в рассматриваемых почвах происходит в определенных условиях, для которых характерны: слабокислая реакция среды, насыщенность основаниями, преобладание иона Са. Вместе с тем, временное переувлажнение данных почв способствует интенсивному образованию органических веществ типа фульвокислот. Состав гумуса перегнойно-аккумулятивного горизонта можно определить как гуматно-фульватный. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот равно 1,00-1,18. Следует отметить невысокое содержание гуминовых и фульвокислот, связанных с глинистыми минералами и полуторными окислами. Своеобразие качественного состава гумуса дерновых и дерново-глееватых почв заключается в преобладании 2-ой фракции кислот, связанной с кальцием. Азот концентрируется в фульвокислотах и нерастворимом остатке, как это отмечает М.И.Кахаткина (1981). В связи с этим представляет определенный интерес рассмотреть обеспеченность данных почв азотом.

Минеральный азот в гумусовом горизонте почв пойм составляет незначительную часть от общего азота (2-4%) и представлен в основном аммонийной формой (табл.5).

Таблица 5.

Содержание и форма азота в почвах поймы Оби
[Р.Г.Иванова, Т.П.Славнина, 1981]

Горизонт	Глубина, см	Общий азот, %	Формы азота, мг/кг			Минеральный	C:N
			Негидролизуемый	Трудногидролизуемый	Легкогидролизуемый		
Р. 24. Дерновая легкосуглинистая на погребенной почве							
А	0-10	0,165	1252	171	207	20	12,4
	10-20	0,102	658	174	174	14	14,6
B_1	30-40	0,056	376	92	52	10	10,1
B_2	55-65	0,050	306	98	87	9	13,3
А	76-86	0,109	763	171	147	9	13,0
А	100-110	0,148	1043	241	187	9	13,6
B_1	125-135	0,070	470	141	81	8	12,4
	150-160	0,019	122	38	24	6	5,5
	190-200	0,005	20	11,00	11,00	8	13,8
Р.1 Дерновая суглинистая							
A_0A	0-9	0,170	1151	369	159	21	10,7
А	13-23	0,168	1204	369	95	12	10,2
А	34-44	0,232	1752	523	34	11	11,7
А	60-70	0,132	926	327	53	14	12,5
АВ	82-62	0,168	1488	148	28	16	5,5
В	102-112	0,039	259	86	27	18	14,0
C_1	132-142	0,018	96	44	30	10	22,5
C_2	150-160	0,044	326	95	8	11	7,2
СД	190-200	0,042	208	168	30	14	16,0
Р.2. Дерновая суглинистая							
A_0A	0-10	0,357	2370	878	300	22	9,6
А	15-25	0,168	1196	403	72	9	10,8
А	35-45	0,151	961	406	134	9	11,5
А	55-65	0,155	1121	359	59	11	8,5
АВ	73-83	0,078	522	193	59	6	8,9
В	98-108	0,066	483	100	64	13	6,3
ВС	125-135	0,047	309	89	64	8	6,2
С	150-160	0,048	342	81	45	12	9,6

В отличие от зональных серых лесных почв водораздельных пространств рассматриваемые почвы характеризуются более высоким содержанием общего азота (0,3-0,8%) и постепенным падением его вниз по профилю (Иванова, Славнина, 1981), более узким отношением C:N (8-11) в верхних горизонтах, что указывает на высокое содержание азота в гумусе. Однако пойменные почвы, формируясь также под влиянием зональных факторов почвообразования, имеют и общие черты с водораздельными почвами: при высоком содержании общего азота для них характерна слабая подвижность органического азота.

Высокое содержание азота в нерастворимом остатке свидетельствует о его закреплении в труднодоступных соединениях. Надо полагать, что данные соединения привнесены паводочными водами, устойчивы и составляют гумусовый резерв почв пойм. Подвижные фракции органического вещества - вновь образованный гумус - очень неустойчивы и наиболее подвержены биохимическому разложению. Для дальнейшего развития данного положения рассмотрим биологические свойства дерновых и дерново-глееватых почв пойм на основании проведенных нами исследований [Славнина, Инишева, 1987].

Характерной особенностью почв центральной части поймы следует считать преобладание бактериальной неспорообразующей микрофлоры (80-96% от числа микроорганизмов, учтенных на питательных средах), что ранее отмечалось в почвах пойм других регионов [Мехтиев, 1959; Никитина, 1978]. Но распределение бактерий в

профиле исследуемых почв обладает существенными особенностями: так, в почвенном профиле дерновых почв поймы р.Кии наблюдается несколько максимумов численности бактерий (табл.6). Другая особенность микрофлоры заключается в наличии значительного количества грибов (3 -22%) по сравнению с пойменными почвами р.Иртыша (0,003- 0,01%) [Никитина, 1978]. Все это позволяет предполагать слабую активность биохимических процессов в почвах пойм южно-таежной подзоны и дифференциацию их активностей по отдельным слоям почвенного профиля в результате поемного процесса почвообразования.

Разложение органических веществ в исследуемых почвах центральной части поймы р.Оби осуществляется в основном при участии аммонификаторов, разрушителей безазотистого органического вещества, олигонитрофилов и олиготрофов. Замедленно протекает нитрификация: средняя численность равна 9 тыс. кл в кубическом см почвы. Коэффициент минерализации органического вещества в среднем характеризуется величиной 2 с колебаниями от 0 до 47. В наибольшей степени разложение органического вещества происходит за счет азотсодержащих органических веществ. В результате почвы обеспечены минеральными формами азота, о чем свидетельствует коэффициент олигонитрофильности, равный 1,4, показывающий обеспеченность почв легкодоступными формами азота и определяется из отношения численности олигонитрофилов к аммонифицирующем микроорганизмам.

Т а б л и ц а 6.

Численность микроорганизмов в дерново-глееватых почвах поймы р.Кии

Физиологические группы	Средняя численность микроорганизмов	Логарифмы средней численности микроорганизмов	Пределы изменения логарифмов численности микроорганизмов
1. Бактерии на МПА	210	8,3	1
2. Грибы на среде Чапека	24	7,4	1
3. Актиномицеты на КАА	3	6,5	1
4. Аммонификаторы	1928	9,3	3
5. Олиготрофы	1396	9,1	2-3
6. Разрушители безазотистого органического вещества	819	8,9	2-3
7. Олигонитрофилы	295	8,5	4
8. Восстановители сульфатов	265	8,4	3-4
9. Анаэробные азотфиксаторы	100	8,0	4
10. Микроорганизмы на среде Чапека	55	7,7	2
11. Денитрификаторы	32	7,5	4-5
12. Восстановители железа (III)	2	6,3	5
13. Аэробные разрушители клетчатки	1760	6,2	4
14. Анаэробные разрушители клетчатки	122	5,1	4
15. Нитрификаторы	9	4,0	3-6

Примечание: Численность групп с I по 12 -й - 1 млн в 1см^3 сухой почвы;
с 13 по 15 – 1 тыс. в 1 см^3 сухой почвы

В целом в дерновых и дерново-глееватых почвах пойм процесс разложения углеродсодержащих веществ протекает довольно интенсивно: при двухнедельной экспозиции разлагается до 57% веса закладываемой ткани.

Наряду с микробиологическими методами биологическое состояние почв может быть оценено с помощью определения активности ферментов [Купревич, 1961; Галстян, 1974; Хазиев, 1982; Щербакова, 1983] - более устойчивого и чувствительного показателя, чем интенсивность микробиологических процессов. Трансформация органических веществ, мобилизация элементов питания в почве осуществляется с помощью ферментов, выделяемых в данный момент живыми организмами и находящихся в почве в

адсорбированном состоянии, поэтому определение активности ферментов дает полное представление о биологическом состоянии почв.

Уровень и соотношение активности ферментов контролируются гидротермическим режимом, химическими и физико-химическими свойствами почв, содержанием в них органического вещества, кислотностью, направлением почвообразовательного процесса. Некоторые авторы [Буйлов, Личко, 1976] рассматривают ферментативную активность как интегральное выражение биологических и физико-химических факторов почв и считают возможным учитывать ее при изучении эволюции почв.

Переходя к изложению ферментативной активности дерновых и дерново-глееватых почв, прежде всего остановимся на характеристике тех ферментов, которые, на наш взгляд, представляют особый интерес для углубления генетических аспектов почв пойм. Более подробно данный вопрос изложен в нашей работе [Славнина, Инишева, 1987].

Итак, инвертаза относится к классу гидролаз. Она расщепляет сахарозу на эквимолярные количества глюкозы и фруктозы. Инвертаза широко распространена в природе: содержится в микроорганизмах и встречается почти во всех типах почв. Инвертазную активность считают характерным показателем генетической принадлежности и биологической активности почв. Инвертазная активность, так же, как и амилолитическая, является показателем интенсивности трансформации углеводов. Легкогидролизуемые углеводы типа сахарозы и крахмала поступают в почву вместе с растительным опадом и корневыми выделениями растений. Их мобилизация совершается при участии двух ферментов - инвертазы и амилазы. Процесс минерализации азотсодержащих веществ, поставляющий доступные для растений минеральные формы азота, протекает с разной интенсивностью в различных экологических условиях в почвах разного генезиса.

Распад белков до конечных продуктов происходит в два этапа. На первом - он осуществляется при участии гидролитических ферментов протеаз, в результате чего образуются аминокислоты. На следующем этапе из аминокислот и амидов в процессе аммонификации высвобождается аммиак. Катализируют данный процесс дезаминазы и амидазы, к числу которых относится уреаза. Многие авторы считают, что "катализацию почв можно рассматривать как показатель функциональной активности микрофлоры в различных экологических условиях" [Щербакова, 1983: и др.]. Универсальное распространение данного фермента связано с условиями, которые вполне приемлемы для живых организмов. Более детально в почвах изучаются ферменты класса оксидоредуктаз, которые являются пионерами в усилении минерализационных процессов. В.Ф.Купревич (1974) указывал, что в почве высокоактивный кислород, образующийся при участии каталазы, играет ответственную роль в переносе электронов при синтезе органических соединений.

Восстановление соединений железа в почве происходит при непосредственном участии многих видов бактерий и ферриредуктаз, которые используют кислород окиси железа в качестве акцепторов электронов в окислительно-восстановительных процессах. При этом Fe_2O_3 восстанавливается в закисную форму. Оптимальные условия для развития бактерий создаются при одновременном наличии в среде окисленных форм железа и подвижных органических веществ. Большую роль в почве играет окислительно-восстановительная система сульфаты-сульфиды. Реакция идет в две стадии: на первой - сульфаты восстанавливаются до сульфитов с участием фермента сульфатредуктазы, на второй - до сульфидов (фермент - сульфитредуктаза).

Вопрос о превращениях в почве азотных соединений до сих пор остается до конца не выясненным. В большей мере изучена микробиологическая сторона данных превращений. Рассмотрим процессы восстановления в почве нитратного азота до аммонийной формы. Почвенные денитрификаторы восстанавливают нитраты до газообразных форм азота и аммиака. При этом образуется промежуточный продукт - нитриты. Нитратредуктаза переносит атом водорода к кислороду нитратов. В результате нитраты восстанавливаются до нитритов. Нитритредуктазы осуществляют восстановление нитритов через гидроксиламин в гидрат окиси аммония и до газообразных окислов азота.

Ферменты пероксидаза и полифенолоксидаза играют важную роль в процессе гумификации. Они участвуют в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса. Активность данных ферментов рассмотрим на примере дерновых и дерново-глееватых почв поймы р.Оби (Колпашевский и Молчановский профили), а также ее притоков (Зыряновский профиль). Исследованные почвы по инвертазной, амилазной и протеазной активности могут быть отнесены к разряду почв, богатых инвертазой. Интересно отметить, что в профиле дерновой почвы повышенной инвертазной активностью выделяются погребенные горизонты (табл.7), которые имеют большие величины запасов гумуса и азота по сравнению с выше- и нижележащими горизонтами.

Наибольшая активность уреазы отмечается в верхнем слое с резким снижением вниз по профилю. Однако погребенные гумусовые горизонты выделяются повышенной активностью и данного фермента. Следует также отметить, что в пойменных почвах Зырянского профиля уреазная активность несколько выше, а инвертазная активность в 2-4 раза ниже по сравнению с почвами, расположенными вниз по течению р.Оби (см. табл.7). Каталазная активность в исследуемых почвах невысока, и, по шкале Д.Г.Звягинцева (1976), данные почвы относятся к бедным и среднеобогащенным ферментом каталазой.

Т а б л и ц а 7.

Ферментативная активность пойменных почв

Горизонт	Глубина, см	Каталаза $см^3$ O_2 за 2 мин	Инвертаза, мг глюкозы	Амилаза, мг маль тозы	Протеаза, мг глицина	Уреаза, **мг** NH_3
			на 1 г почвы			
Р.16. Дерновая тяжелосуглинистая на погребенной почве, (Колпашевский профиль)						
A	0-10	4,7	108,3	8,3	1,45	0,36
AB	17-27	4,2	44,7	0,5	0,96	0,16
B	35-45	4,5	55,7	0,4	0,57	0,13
A_1	60-92	1,8	67,7	2,0	0,72	0,32
AB	100-110	1,8	62,7	1,5	0,53	0,07
B	117-127	0,7	47,3	0,7	0,30	6,00
BC	135-145	1,6	40,0	0,6	0,28	0,04
C	175-185	0,4	18,7	0,2	0,11	0,09
Р. 46. Дерновая почва (Молчановский профиль)						
A0	0-10	3,1	152,7	1,6	2,20	0,35
A_1	10-20	1,8	72,0	1,4	1,46	0,30
A_{11}	30-40	1,0	41,3	0,6	0,82	0,20
A_{111}	55-65	0,8	50,0	0,5	0,56	0,17
AB	80-90	0,7	8,0	0,4	0,31	0,14
B	95-105	0,9	9,3	0,4	0,15	0,10
BC	120-130	0,4	8,7	0,3	0,09	0,07
C	160-170	0,45	10,0	0,2	0,05	0,13
Р. 1. Дерново-глееватая (Зырянский профиль)						
A_1	10-20	7,0	40,1	1,5	2,10	1,3
A_1B	30-40	2,1	34,7	1,4	1,45	0,4
A_2B	40-50	4,5	13,3	0,6	0,57	0,2
B_1	50-90	4,8	12,2	0,4	0,30	0,1

Наибольшая активность данного фермента отмечается в верхнем и нижнем горизонтах. Ее увеличение на глубине 80-100 см объясняется наличием большого количества ортштейнов. Ранее Т.А.Зубковой и Л.О. Карпаческим (1979) отмечалось, что с увеличением содержания Fe-Mn-новообразований возрастает и каталитическая активность почв. Ортштейны же по сравнению с вмещающим их почвенным горизонтом характеризуются повышенной активностью каталазы. Вероятно, в нижних горизонтах почвы неферментная каталитическая активность преобладает над ферментной. Выше уже

отмечалось, что в дерново-глееватой почве наблюдается увеличение вниз по профилю илистой фракции, что, в свою очередь, способствует увеличению каталитической активности минералов, органического вещества и органо-минеральных комплексов.

Активность ферри-, сульфат-, нитрит- и нитратредуктаз подчиняется одной и той же закономерности: происходит их постепенное снижение вниз по профилю (табл.8). Исследуемые почвы по активности данных ферментов могут быть отнесены к разряду бедных. Невысокая активность отмечается и по ферментам пероксидазе и полифенолоксидазе. Так, по результатам исследований В.Н.Воиновой (1980), в серых лесных почвах активность пероксидазы изменяется в пределах 1,80-2,04 мг полифенолоксидазы - 0,70-1,02 мг пурпургаллина на 1 г почвы. В почвах пойм подобной высокой активности в профиле не наблюдается. Вероятно, органическое вещество данных почв не является легкодоступным для его превращений микрофлорой и продуктами ее метаболизма.

Т а б л и ц а 8.

Ферментативная активность осушаемых дерново-глееватых почв поймы р. Чулым (Зырянский профиль)

Глубина, см	Нитратредуктаза,мг восст. NO_3/1 г почвы за 24 часа	Нитритредуктаза, мг восст. NO_2/1г почвы за 24 часа	Сульфат-редуктаза, мг восст. SO_1^{2-} /1г почвы за 48 часов	Пероксидаза, мг пурпургаллина на 1 г почвы	Полифенолоксидаза, мг пурпургаллина на 1 г почвы	Ферриредуктаза, мг восст. Fe^{2+} на 100 г почвы
10-20	0,5	1,0	1,2	0,30	0,30	44,0
30-40	0,5	0,9	4,1	0,30	0,26	34,8
40-50	0,4	0,9	1,5	0,26	0,19	30,4
50-60	0,4	0,8	4,1	0,36	0,13	23,2
80-90	0,3	0,8	0,9	0,41	0,16	22,2

Проведенный анализ фактического материала по физико-химическим и биологическим свойствам дерновых и дерново-глееватых почв пойм позволяет сформулировать основные положения их экологического состояния.

Условия почвообразования сформировали мощный гумусовый горизонт, что, в свою очередь, определило своеобразие биологического режима исследуемых почв, которое проявилось прежде всего в количественном и качественном составе микрофлоры. Так, общая численность микроорганизмов в 1 г почвы достигает 2221 млн. (при среднем значении - 200 млн.), что значительно превышает их общее содержание в зональных почвах, например, в серых и темно-серых лесных оподзоленных [Клевенская, 1970; Мертвецова, 1971]. По шкале обогащенности микроорганизмами [Звягинцев, 1978] исследуемые почвы характеризуются как очень богатые. Обращает на себя внимание особенно большое количество микроорганизмов, растущих на мясо-пептонном агаре (МПА), что указывает на возможность интенсивного развития процессов аммонификации.

Количество микрофлоры, участвующей в превращении азотсодержащих органических веществ, в почвах пойм значительно больше, чем, например, в серых лесных почвах Западной Сибири. При этом высокая численность и неравномерность распределения микрофлоры отмечается во всем метровом слое.

Таким образом, дерновые и дерново-глееватые почвы пойм имеют глубокий микробиологический профиль, по составу и содержанию микрофлоры напоминающий профиль черноземов. Значительную обогащенность микрофлорой, потенциально способной к активной жизнедеятельности, можно рассматривать как возможность интенсивной минерализации органических веществ, в случае неправильного мелиоративного воздействия на данные почвы.

Торфяные почвы. Торфяные почвы, площадь которых в основной сельскохозяйственной зоне Томской области составляет 740 тыс. га, по мнению многих авторов [Бронзов, 1936; Шумилова, Елисеева, 1956; Елисеева, Львов, 1971; Герасько, Львов, 1980], являются наиболее перспективными для освоения. Они формируются в условиях избыточного поверхностного и грунтового увлажнения, главным образом, в

притеррасовых отложениях участков поймы. Для данных почв характерно сочетание болотного процесса почвообразования и заиливания профиля благодаря воздействию паводочных вод, содержащих во взвешенном состоянии тонкие илистые частицы.

В Томской области были изучены осушаемые водораздельные и террасные болота: в Бакчарском районе - Суховское болото [Елисеева, 1963], Томском районе - Жуковское, Еловочное болота [Ефремов, 1972; Глебов, Александрова, 1973; Ефремова, 1975; Мелентьева, 1980]. Торфяные почвы пойм в пределах южно-таежной подзоны Западной Сибири почвоведами до сих пор не изучались, а рассматривались только в качестве торфяных месторождений.

Согласно Ю.А.Львову (1976), пойменные болота Томской области разделены на болотные округа. Обской пойменный болотный округ составляют два района (северный и южный) с границей между ними около устья р.Чулыма. В пределах исследуемой территории располагается только южный болотный округ. Здесь широко распространены низинные гипновые и осоково-гипновые болота, залегающие в староречьях у подножья высоких террас. Они характеризуются мощной залежью, достигающей 4-6 м. Гипновые торфяники ограждены со стороны реки широкой полосой древесных, древесно-сфагновых и древесно-осоковых, как правило, мелкозалежных болот.

Отдельно вычленен Чая-Чулымский пойменный болотный округ, который включает поймы рр.Чулыма, Чаи и их притоков и разделяется на два района (Чулымский и Чаинский). В последнем развиты карбонатные осоково-гипновые и древесные болота.

Более подробно остановимся на характеристике Чулымского болотного района, описанного Е.Я.Мульдияровым (1980). В данном районе выделяется 6 подрайонов. В Зырянском подрайоне Чулымского района расположены 3 объекта осушения пойменных болот, где проводились наши исследования, результаты которых будут изложены в последующих главах данной работы. Зырянский болотный подрайон занимает территорию между поселком Черный Яр и устьем р.Яи. Здесь отмечается расширение Чулымской поймы вследствие слияния рр.Чети и Кии с Чулымом. В пойме преобладают в результате увеличения поемности дернисто-осоковые и березово-дернисто-осоковые болотные фации. Крупные массивы болот занимают в притеррасье поймы площади древних излучин. В распределении растительного покрова массива наблюдается следующая определяемая условиями водно-минерального питания закономерность: притеррасная часть поймы занята согрой, окраина болот - дернистоосочником, между ними развиваются древесно-дернисто-осоковые сообщества. На обводненных участках по внутриболотным руслам формируются топяные сообщества: гипновые, осоково-гипновые торфяники. В притеррасье торфяная залежь состоит из топяных видов. В остальной части подрайона преобладают древесный, древесно-дернисто-осоковый и древесно-торфяной виды торфа.

Физико-химические и биологические свойства данных почв рассмотрим на примере торфяных почв поймы р.Кии и р.Оби, соответственно относящихся к Чулымскому болотному подрайону и Обскому южному болотному округу и характеризующихся древесно-осоковым составом торфа (табл.9).

Таблица 9

Ботанический состав торфяных почв Чулымского болотного района

Глубина отбора образца, см	Ботанический состав торфа
0-20	Остатки древесно-кустарниковой растительности (70%), корешки CAREX omchiana (30%)
20-40	Остатки CAREX vaginata и CAREX omchiana (60%), древесины березы и осины (40%)
40-80	Корешки CAREX vaginata, осоки паровидной (25%), древесины осины (55%), дрепаноклядус (5%), щитовник (10%), неопределенные осочки (5%)
80-120	Остатки CAREX vaginata (25%), древесина березы (60%), осины (15%)
120-140	Остатки CAREX vaginata (25%), древесина березы (40%), осины (30%), щитовник (5%)

Низкие значения объемной массы и степени разложения торфа определяют высокую влагоемкость данных почв (табл.10). Они имеют реакцию среды, близкую к нейтральной, что объясняется высоким содержанием подвижного кальция и магния и валовых их форм, накапливающихся в результате гидрогенной аккумуляции (соответственно 3,11-3,74% и 1,93-4,65% на сухое вещество).

Т а б л и ц а 10

Основные водно-физические свойства торфяных почв

Глубина слоя, см	Объемная масса	Удельная масса	Общая порозность, %	Полная влагоемкость, % от сухой почвы	Зольность торфа	Степень разложения торфа
	г/см^3				%	
Торфяная почва, Чулымский болотный подрайон						
0-20	0,19	1,63	89	468	22,5	50
20-40	0,22	1,65	86	394	14,1	45
40-60	0,23	1,67	86	374	16,1	40
60-80	0,19	1,69	86	467	14,7	40
80-100	0,20	1,66	87	439	18,0	40
Торфяная почва, Обскjй южный болотный округ [Абрамова, Пашнева, 1984]						
0-10	0,56	1,66	66	118		
10-20	0,66	1,83	28	42		
20-30	0,48	1,83	74	154		
30-40	0,24	1,22	80	333		
40-50	0,24	1,22	80	333		
50-60	0,26	1,22	79	304		
60-70	0,21	1,22	83	395		
70-80	0,18	1,33	86	505		
80-90	0,26	1,33	80	304		
90-100	1,11	2,56	56	50		

Состав гумуса торфяных почв пойм постепенно изменяется с глубиной и характеризуется как гуматно-фульватный (торфяные почвы Обского болотного округа) и фульватно-гуматный (торфяные почвы Чулымского болотного подрайона). Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот названных почв равно соответственно 0,88 и 1,30 (табл.11). В составе гуминовых кислот преобладает фракция, связанная с кальцием. Следует отметить также и высокое содержание нерастворимого остатка. Основная часть азота (84-88%) сосредоточена в недоступной для растений форме органических соединений, составляя 950-1400 мг/кг почвы. Легкогидролизуемые вещества являются резервом пополнения минерального азота в торфяных почвах. В отличие от европейских осушаемых торфяных почв, где фракция легкогидролизуемого азота от общего азота невелика (0,5-4,0%) [Переверзев, 1963; Буторина,1974; Калмыков, Морина, 1975; Синькевич, 1985], в исследуемых почвах содержание данной фракции значительно выше (126-138 мг/кг почвы), что обусловлено, вероятно, особенностью органического состава торфяных почв. В частности, Н.В.Мелентьева (1980) отмечает, что высокое содержание легкогидролизуемых фракций азота характерно для торфяных почв Томской области, в которых преобладают органические соединения типа фульвокислот, и устойчивость соединений азота к гидролизу в них низка. Т.П.Славнина (1980) подчеркивает, что в условиях юго-восточной части Западной Сибири процессы мобилизации азота идут сравнительно интенсивно именно до легкогидролизуемых соединений, дальнейшая же минерализация и накопление минеральных форм азота протекает замедленными темпами.

Основу микробоценоза торфяных почв притеррасной поймы, находящейся в естественном состоянии, составляют неспоровые бактерии, ферментативный аппарат которых позволяет, прежде всего, использовать легкодоступные органические формы азота и углеводные соединения. Грибы составляют 10-32% от числа микробов, учтенных на питательных средах, актиномицеты - 0,2-3,0%. Разложение азотсодержащих органических веществ в торфяных почвах осуществляется преимущественно

аммонификаторами (табл.12). Незначительно уступают им в количественном отношении разрушители безазотистого органического вещества, олиготрофы, олигонитрофилы, восстановители сульфатов, денитрификаторы.

Таблица 11.

Групповой и фракционный состав гумуса торфяных почв, % от общего углерода почвы

Глубина, см	$C_{общ}$, %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Нерастворимый остаток, %	$C_{гк}$ / $C_{фк}$
		Фракция				Фракция						
		1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
Торфяная почза, Обской юкный болотный округ (Кахаткина, 1981)												
0-12	7,14	16,92	10,25	4,06	31,23	5,74	16,30	8,35	4,20	34,59	34,08	0,90
12-22	15,47	17,09	11,55	3,81	32,45	4,20	15,43	13,14	3,49	36,26	31,29	0,98
30-40	12,95	18,32	10,49	3,76	32,57	5,22	16,89	11,42	3,55	*37,08*	30,35	0,88
55-65	4,96	13,10	9,16	4,06	26,32	7,09	17,10	12,22	4,10	40,51	33,29	0,65
70-80	0,98	5,20	*5,32*	7,95	18,47	9,20	10,09	14,90	6,15	40,34	41,19	0,46
Торфяная почва, Чулымский болотный подрайон												
0-20	33,64	7,8	10,5	10,2	28,5	2,6	8,4	5,9	5,0	21,9	38,5	1,3
20-40	47,73	3,6	4,1	10,8	18,7	1,1	4,8	6,5	4,3	16,7	52,3	1,1
40-60	46,89	3,2	2,5	12,9	18,6	1,0	4,3	3,2	6,0	14,5	52,1	1,3
60-80	47,26	3,7	4,8	10,1	18,6	1,1	3,3	7,1	5,5	17,0	51,5	1,1
80-100	47,69	2,7	3,3	11,8	17,8	1,1	3,4	5,5	6,3	16,3	50,8	1,1
100-120	46,11	5,6	5,6	8,7	19,9	1,3	3,2	5,4	5,6	15,5	53,3	1,3

Таблица 12.

Численность микроорганизмов в торфяных почвах

№№ п/п	Физиологические группы	Средняя численность микроорганизмов	Логарифм средней	Пределы изменения логарифмов
			численности микроорганизмов	
I.	Бактерии на МПА	105	8,0	1
2.	Грибы на среде Чапека	20	7,3	1-2
3.	Актиномицеты на КАА	2	6,4	2-3
4.	Аммонификаторы	1880	9,3	2-3
5.	Олиготрофы	2186	9,3	2-3
б.	Разрушители безазотистого органического вещества	937	9,0	2
7.	Олигонитрофилы	481	8,7	I
8.	Восстановители сульфатов	90	8,0	2
9.	Анаэробные азотфиксаторы	56	7,7	4
10.	Микроорганизмы на среде Чапека	59	7,8	2
II.	Денитрификаторы	82	7,9	4-6
12.	Восстановители железа (III)	3	6,5	5
13.	Аэробные разрушители клетчатки	846	5,9	5
14.	Анаэробные разрушители клетчатки	185	5,2	4
15.	Нитрификаторы	I	3,5	3

Примечание: С 1 по 12-й - 1млн в 1 $см^3$ сухой почвы; с 13 по 15 - 1 тыс.в 1 $см^3$ сухой почвы

В большом количестве в торфяных почвах притеррасной части поймы представлены также анаэробные фиксаторы азота, что, вероятно, обуславливает

преимущественно анаэробный путь фиксации азота [Вавуло, 1958; Гантимурова, 1970; Крапивина, 1970; Козловская, 1978].

Содержание нитрификаторов в торфяных почвах составляет не более 1 тыс. на кубический сантиметр торфа. Подобная многочисленность данной группы микроорганизмов характерна в целом для почв Западной Сибири [Александрова, 1973; Наплекова, 1970]. Важно отметить, что несмотря на высокое содержание органического вещества, почвы пойм в естественном состоянии, вероятно, плохо обеспечены минеральными формами азота, что подтверждается соотношением (1:4) аммонификаторов и олигонитрофильных микроорганизмов.

Чрезмерная увлажненность торфяных почв пойм препятствует активному развитию микробиологических процессов. Так, в данных почвах отмечается высокая потенциальная численность микроорганизмов, разлагающих клетчатку, а скорость разложения целлюлозы в естественных условиях низка: за 15 дней экспозиции разлагается 3% ткани. Если сравнить по биологической активности рассмотренные выше торфяные почвы пойменных болот с торфяными почвами верховых болот, то в ряду ВЕРХОВОЕ-ПЕРЕХОДНОЕ-НИЗИННОЕ болото наименьшей биологической активностью обладают почвы болот верхового типа [Жданникова, 1963; Загуральская, 1966; Александрова, 1973 и др.]. В торфяных почвах низинных болот в сравнении с верховыми, согласно нашим исследованиям [Славнина, Инишева, 1987], увеличивается общая численность микрофлоры, достигая 10 млн/г сухой почвы. Количество споровых бактерий ниже, а флюоресцирующих выше, чем в почвах верхового и переходного болот. Численность актиномицетов и микроорганизмов, утилизирующих аммонийный азот, также увеличивается в 10 раз. Таким образом, для почв низинных болот отмечается усиление процесса минерализации. Интенсивность выделения протеолитических и гидролитических ферментов у микроорганизмов в почвах низинных болот выше по сравнению с верховыми. Но самая высокая активность ферментов в ряду болотных почв отмечается в торфяных почвах пойм.

По содержанию инвертазы торфяные почвы относятся к среднеобогащенным, а по уреазе - к низкообогащенным (табл.13). Потенциальная активность ферментов класса гидролаз исследуемых почв составляет по инвертазе 48%, по уреазе 38% от активности их в минеральных почвах пойм. Следует также обратить внимание на такую особенность торфяных почв, как малые значения объемной массы. И, если по активности ферментов, почвы оцениваются в единицах активности на навеску в граммах, то по ней нельзя оценить и сравнить потенциальную способность к катализу биохимических реакций в дерново-глееватой и торфяной почвах пойм (Раськова, Звягинцева, 1981). Поэтому в (табл.14) значения активности ферментов приведены по слоям с учетом значений их объемной массы.

Заслуживает особого внимания высокая активность в почвах пойм ферментов класса оксидоредуктаз. Так, активность ферриредуктаз, одинаково высока как в минеральных, так и в торфяных почвах, но в последних она составляет самый высокий процент по сравнению с активностью минеральных почв. Активность сульфатредуктазы по профилю торфяных почв отличается крайней неравномерностью: активность данного фермента увеличивается с глубиной, где, надо полагать, и происходит реализация второй стадии восстановления сульфатов. Начиная с глубины 50-60 см ОВП в торфяных почвах изменяется от -200 до +200 мВ, что и создает условия для его протекания. Подтверждением этому служит запах сероводорода - конечного продукта в реакции восстановления сульфатов (Стейниер, 1979 и др.). С глубиной увеличивается также активность нитрат- и нитритредуктаз. Проведенный выше анализ литературного и фактического материала позволяет сформулировать основные положения, касающиеся особенностей свойств дерновых, дерново-глееватых и торфяных почв исследуемой территории.

Таблица 13.

Ферментативная активность торфяных почв (Чулымский болотный подрайон)

Глубина, см	Каталаза, $см^3$ O_2/1 г почвы за 2 мин	Нитратредуктаза, мг восст. NO_3 /1 г почвы за 24 час.	Нитратредуктаза, мг восст. NO_2^- /1 г почвы за 24 час.	Сульватредуктаза, мг восст. SO_2^{4-} /1 г почвы за 48 час.	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы	Пероксидаза, мг пурпургаллина на 1 г почвы	Полифенолоксидаза, мг пурпургаллина на 1 г почвы	Уреаза мг NH_3 на 1 г почвы	Ферриредуктаза, мг восст. Fe_2^+ на 100 г почвы
0-20	2,2	0,7	0,9	2,8	42,2	0,31	0,40	1,5	87,8
20-40	2,5	0,3	0,8	1,5	36,3	0,34	0,31	0,5	77,5
40-60	2,6	0,8	0,9	4,7	36,8	0,28	0,38	0,3	75,3
60-80	0,6	0,2	1,1	3,3	41,0	0,27	0,26	0,4	77,9
80-100	1,3	0,7	1.4	8,0	37,3	0,39	0,25	0,4	120,0

Таблица 14.

Ферментативная активность торфяных почв, кг выделенного компонента на 1 га (каталаза – $м^3O_2$/га). (Чулымский болотный подрайон)

Глубина, см	Каталаза, $м^3$ O_2 за 2 мин	Нитратредуктаза, кг восст. NO_3^- за 24 час.	Нитратредуктаза, кг восст. NO_2^- за 24 час.	Сульватредуктаза, кг восст. SO_4^{2-} за 48 час.	Инвертаза, кг глюкозы	Пероксидаза, кг пурпургаллина за 24 час	Полифенолоксидаза, кг пурпургаллина за 24 час	Уреаза кг NH_3	Ферриредуктаза, кг восст. Fe^{2+}
0-20	1276	406	522	1624	24476	179	232	870	509
20-40	1950	234	624	1170	28314	265	242	390	604
40-60	1508	464	522	2726	21344	162	220	174	437
60-80	288	96	528	1584	19680	129	125	192	374
80-100	650	350	700	4000	18650	195	125	200	600
0-100	5672	1550	2896	11104	112464	930	944	1831	2524
Доля от содержания в дерново-глееватых почвах	8,8	34,0	30,9	42,7	47,8	25,4	42,0	38,4	75,0

Высокая обеспеченность гумусом, валовым азотом, мощный гумусовый горизонт, высокая биологическая активность, слабокислая реакция среды в значительной степени определяют высокое плодородие почв пойм. Однако существенные изменения вносит пойменный процесс. Слоистость оказывает влияние на водно-физические свойства почв. Привносимые гумусовые вещества и налагающийся зональный почвообразовательный процесс определяют нестабильность качественного состава гумуса, о чем свидетельствует довольно высокое содержание подвижных фракций гуминовых кислот, сравнительно малое содержание гуминовых и фульвокислот, связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными окислами. Наличие прослоек легкого гранулометрического состава определяет хорошие фильтрационные свойства почв пойм и, следовательно, возможность миграции подвижных соединений за пределы почвенного профиля. Длительное переувлажнение во время прохождения паводочных вод создают условия для формирования непрочной структуры почв пойм и увеличения содержания подвижных форм химических соединений.

Особо следует отметить торфяные почвы, свойства которых мало изучены как в естественном состоянии, так и в условиях мелиорации. Соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз в данных почвах своеобразно. Твердая фаза, представленная на 70-90% органическим веществом, занимает всего 8-25% от общего объема почвы. На

воздушную фазу приходится от 12 до 27%. Основной объем торфяной почвы представлен жидкой фазой - 51-80%.

Особенности текстуры торфяных почв в связи с их органогенной природой обуславливают высокую динамичность их свойств и режимов во времени и низкую устойчивость к внешним воздействиям. Таким образом, почвы пойм экологически неустойчивы, и изменения их свойств и режимов в процессе мелиоративного воздействия могут произойти достаточно быстро. Ранее на это обратили внимание В.А.Хмелев и В.И.Щербинин (1982), которые отмечали, что при создании на почвах пойм таежной зоны угодий, пригодных в первую очередь для кормопроизводства и очагового овощеводства, нужно иметь в виду их повышенную "ранимость". Это, в частности, подтверждается высокой потенциальной биологической активностью исследуемых почв, рассмотренной выше. В целом любая экосистема характеризуется следующими показателями [Герасимов, 1976]:

1) замкнутостью/автономностью оборота веществ;

2) интенсивностью оборота веществ, о которой можно судить из отношений ежегодно поступающей биологической продукции данной экосистемы к ее общей массе;

3)структурой оборота веществ (завершенность оборота веществ - степень использования всей органической массы, создаваемой экосистемой на собственное функционирование).

Пойма - наиболее молодое геологическое образование, к тому же постоянно находящееся в стадии формирования [Шраг, 1954]. Почвы, представляющие собой результат условий формирования пойменного ландшафта, вобрали все признаки неустойчивой пойменной системы. В естественном состоянии почвы пойм характеризуются высоким, но неустойчивым плодородием, контрастным водным режимом. Оборот веществ не замкнут - происходит ежегодное поступление органических веществ с наносами и вынос их с поверхностным и грунтовым стоком. Скорость оборота веществ замедлена вследствие равновесного сочетания окислительных (освобождение от паводочных вод) и восстановительных (период половодья) условий среды. В структуре внутреннего оборота веществ преобладает остаточная продуктивность. Почвы пойм накапливают в естественном состоянии огромный резерв питательных веществ, который хранится в мощном гумусовом или заиленном торфяном слое. Но вследствие того, что основная часть веществ привнесена и экологически не закреплена, а вновь образующиеся вещества, как, например, гумусовые, характеризуются не сформировавшейся до конца структурой гумусовых молекул, высокое плодородие почв является динамически неустойчивым. Почвы пойм относительно структурны за счет высокого содержания гумуса, но вследствие его качества структурные отдельности характеризуются недостаточной водопрочностью. Подобная структура легко разрушается при механическом воздействии. Таким образом, вся система крайне неустойчива и не способна переносить экстремальные условия, которые создаются при антропогенном воздействии. Следовательно, почвы пойм могут служить оптимальной моделью в научных исследованиях по прогнозированию последствий мелиоративного воздействия за короткий промежуток времени. Влияние мелиорации проявляется прежде всего на почвенных режимах. Таким образом, данные режимы должны быть первоочередным объектом изучения последствий мелиорации.

Г л а в а 3. РЕЖИМЫ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ

В предыдущей главе были рассмотрены особенности физико-химических и биологических свойств наиболее широко используемых в сельскохозяйственном производстве дерновых, дерново-глееватых и торфяных почв пойм в пределах южно-таежной подзоны Западной Сибири.

На ранних стадиях мелиорации земель мы имеем в основном положительный эффект: повышаются урожаи, уменьшается заболоченность. Однако следует ли отсюда, что нет негативных изменений? Так, построив на болоте польдер, мы создаем прекрасное пастбище, но одновременно происходит снижение уровня грунтовых вод и постепенно растительность на близлежащей территории изменяется. В природе перестраиваются трофические связи, вносятся коррективы в биологический круговорот. Данный процесс длителен и потому незаметен. Количественные изменения накапливаются, и в определенный момент перерастают в качественные, неявное становится очевидным.

Следовательно, при проектировании мелиоративных мероприятий крайне важно знать прогноз изменения режимов и свойств почв в процессе мелиоративного воздействия. Это особенно актуально для пойменных почв Западной Сибири с ее сложными природными условиями и перспективой широкого развертывания осушительных работ.

При мелиоративном воздействии нарушаются естественные режимы почв. Цель комплексной мелиорации - оценить степень влияния на внешнюю среду и направить ее на сохранение экологического равновесия в агробиоценозе с одновременным поддержанием высокой продуктивности последнего. Таким образом, выделяются следующие этапы исследований по оптимизации почвенных режимов:

1) изучение почвенных режимов в ненарушенном состоянии, обусловленном почвообразовательными факторами;

2) изучение почвенных режимов в процессе мелиоративного воздействия для оценки степени их отклонения от генетически обусловленных;

3) оптимизация почвенных режимов в процессе формирования урожая сельскохозяйственных культур.

Первые два этапа составляют основу стационарных исследований. Сведения об окислительно-восстановительном, биологическом и гидрохимическом режимах, которые прежде всего подвергаются изменениям при мелиоративных воздействиях, применительно к пойменным почвам южно-таежной подзоны Западной Сибири практически отсутствуют. В данной работе приводятся результаты многолетних стационарных исследований водного, температурного, окислительно-восстановительного, микробо-биохимического, питательного и гидрохимического режимов почв пойм: дерновых (высокой поймы), дерново-глееватых (высокой и низкой пойм), торфяных (низкой поймы).

С целью изучения режимов почв пойм, характеризующихся типичными почвообразующими условиями, были построены опытные участки с разными вариантами орошения и осушения. В качестве контрольных выбирались аналогичные немелиорируемые участки поймы. Все объекты расположены в пределах южно-таежной подзоны Томской области. ОБЪЕКТ ОРОШЕНИЯ площадью 200 га в совхозе "Батуринский" расположен на высокой пойме и является аналогом систем, находящихся в пойме р.Томи. Геоморфологический тип поймы - проточно-островной, 2-ой тип уровенного режима (табл. 15), почвы - дерновые и дерново-глееватые.

Таблица 15.

Объекты исследований и их характеристика

Объект мелиорации	Река, почвы, тип уровенного режима	Воздействие	Рассматриваемые варианты	Гидрогеологические условия объектов				Краткий перечень проводимых наблюдений
				Год затопления за рассматриваемый период	Обеспеченность максимального уровня весеннего половодья	Дата затопления / Дата схода воды	Продолжительность подпора в осушителях	
С-з Батуринский Томского района	Томь, дерновые, дерново-глееватые, II тип	Орошение, дождевание, ДДН-70	Поливная норма 200, 300 и 400 м3/га	1971	51,0	не затаплив.		Гидротермический режим, ОВ-режим, динамика подвижных элементов, миграция подвижных элементов дренажным стоком, метеорологические наблюдения
				1972	73,8			
				1973	77,9			
				1974	67,9			
				1975	36,6			
				1976	92,3			
"Открытое болото" Зырянского района	Чулым, торфяные, III-й тип	Осушение открытыми каналами, 400 м	Расстояние от осушителей 60, 100, 200 м	1973	15,0	11.05-16.05 20.05-21.06	44 - 55	Водный микробиологический режим
				1974	91,1	не затаплив.	6 - 21	
				1975	15,5	19.05-03.06 08.06 -12.06	28 - 38	
				1976	88,0	не затаплив.	0 -11	
				1977	72,0	не затаплив.	0 - 24	
				1978	80,0	не затаплив.	0 - 26	
				1979	15,5	19.05-02.06	23 - 32	
"Верхний луг" Зырянского района	Кия, дерново-глееватые, торфяные, III тип	Осушение закрытым дренажем	На дерново-глееватых, глубина дрен 0,8; 1,3; 1,6 м, междреное расстояние 16 м, на торфяных соответственно 0,8; 1,1; 1,3; 25 м	1977	60,4	28.04 - 26.05	27	Гидротермический, микробиологический и ОВ-режим, динамика подвижных элементов, ферментативная активность, химический состав дренажного стока, модельные опыты по изучению поровых растворов, оптимизации почвенных режимов, влиянию форм и доз удобрений на вынос элементов из профиля почв, гидрохимический и водный режим подземных вод
				1978	43,7	03.05 - 21.05	41	
				1979	12,5	06.05 - 11.06	66	
				1980	79,2	13.05 - 26.05	60	
				1981	93,7	01.05 - 04.05	52	
				1982	83,3	27.04 - 02.05	52	
"Верхние луга" Шегарского района	Обь, торфяные, I тип	Осушение открытыми каналами	Расстояние между каналами 60, 75, 90, 120, 150 м	1978	67,4	16.05 - 17.05	36-39	Водный режим
				1979	31,8	27.04 - 08.06	56-58	
				1980	99,2	27.04 - 29.04	21-39	

По материалам наблюдений на водпостах ТОМСК (1937-1974 гг.) и КАЗАНКА (1969-1974 гг.) в пределах опытного участка нами выполнен расчет по продолжительности, срокам и мощности паводков в пойме долины р.Томи. В пределах Томской поймы ранний срок затопления отмечен 10-20 апреля 1947 г., поздний паводок падал на 22-26 мая 1969 г. Максимальный слой затопления дерновых и дерново-глееватых почв соответственно 2,53 и 2,82 м. Длительность затопления 11 дней. В годы проведения опытов (1971-1976) пойма не затапливалась. Таким образом, в пределах опытного участка пойма р.Томи относится к редкозатапливаемым [Кузин, 1953].

Литологический разрез центральной части поймы р.Томи (дерновые почвы) имеет следующее строение: суглинки мощностью 1,6-1,8 м подстилаются слоем супеси 0,3-1,4 м, затем следуют обводненные пески и галечник с песчаным заполнителем. Мощность водоносного слоя составляет 2,0-2,6 м. Притеррасная часть поймы сложена сероватобурыми суглинками мощностью 1,5-3,8 м, которые подстилаются иловатыми суглинками мощностью 1,0-2,8 м. Ниже залегают обводненные пылеватые пески, к которым приурочены грунтовые воды. Режим грунтовых вод поймы относится к приречному [Афонин, 1974], что отмечается в целом для поймы р.Оби и ее притоков. Данный тип естественного режима грунтовых вод характеризуется тесной гидравлической связью поверхностных и подземных вод пойменных террасовых, четвертичных, а иногда меловых и палеозойских отложений. В период паводков происходит резкий подъем уровней реки от 7 до 11 м одновременно с уровнями грунтовых вод (УГВ). Весной УГВ на дерновых почвах поднимаются наиболее близко к поверхности (3,89-4,77 м), но не оказывают влияния на влагозапасы в дерновых почвах (r = -0,13 + 0,09) [Инишева, Юхлин, 1979]. Амплитуда колебаний УГВ на дерново-глееватых почвах - 5,84 м (от 1,00 в 1972 г. до 6,84 м в 1975 г.). Коэффициент корреляции между УГВ и запасами влаги в метровом слое равен 0,59 + 0,09.

Дерновые почвы характеризуются двучленностью строения почвенного профиля. Верхняя часть, мощностью до 1,2 м, представлена иловатой глиной. На указанной глубине глина сменяется тяжелым суглинком, переходящим в супесь с линзами легкосуглинистого состава. Дерново-глееватые почвы по всему профилю имеют глинистый состав с преобладанием илистой фракции.

По данным гранулометрического и структурного анализа (рис. 3) можно сделать вывод, что потенциальные способности к агрегации в исследуемых почвах хорошие. По шкале оценки структурного состояния почв С.И.Долгова и П.У.Бахтина (1966) дерновая почва характеризуется как отлично и хорошо оструктуренная, за исключением слоя 10-20 см, структурное состояние которого удовлетворительное. Дерново-глееватые почвы, вследствие более длительного воздействия паводочных и грунтовых вод, агрегированы по сравнению с дерновыми почвами хуже: в сумме преобладают микроагрегаты фракций песка и крупной пыли, увеличен фактор дисперсности (см. рис. 3).

Водные свойства метрового слоя дерновых и дерново-глееватых почв приведены в табл.16. Объемная масса не привышает значений 1,2 г/см, величины порозности 54-63% свидетельствуют о благоприятном воздушном режиме. Исследуемые почвы относятся к группе высокого впитывания [Качинский, 1958; Астапов, 1958]. В первый час в среднем поглощается слой воды в 300 мм, в последний - 150 мм. Однако дерновые почвы характеризуются более высоким коэффициентом фильтрации, что объясняется двучленным строением почвенного профиля. Песчаный и супесчаный слой имеют "провальную" водопроницаемость, являющуюся причиной высоких инфильтрационных потерь в дерновых почвах.

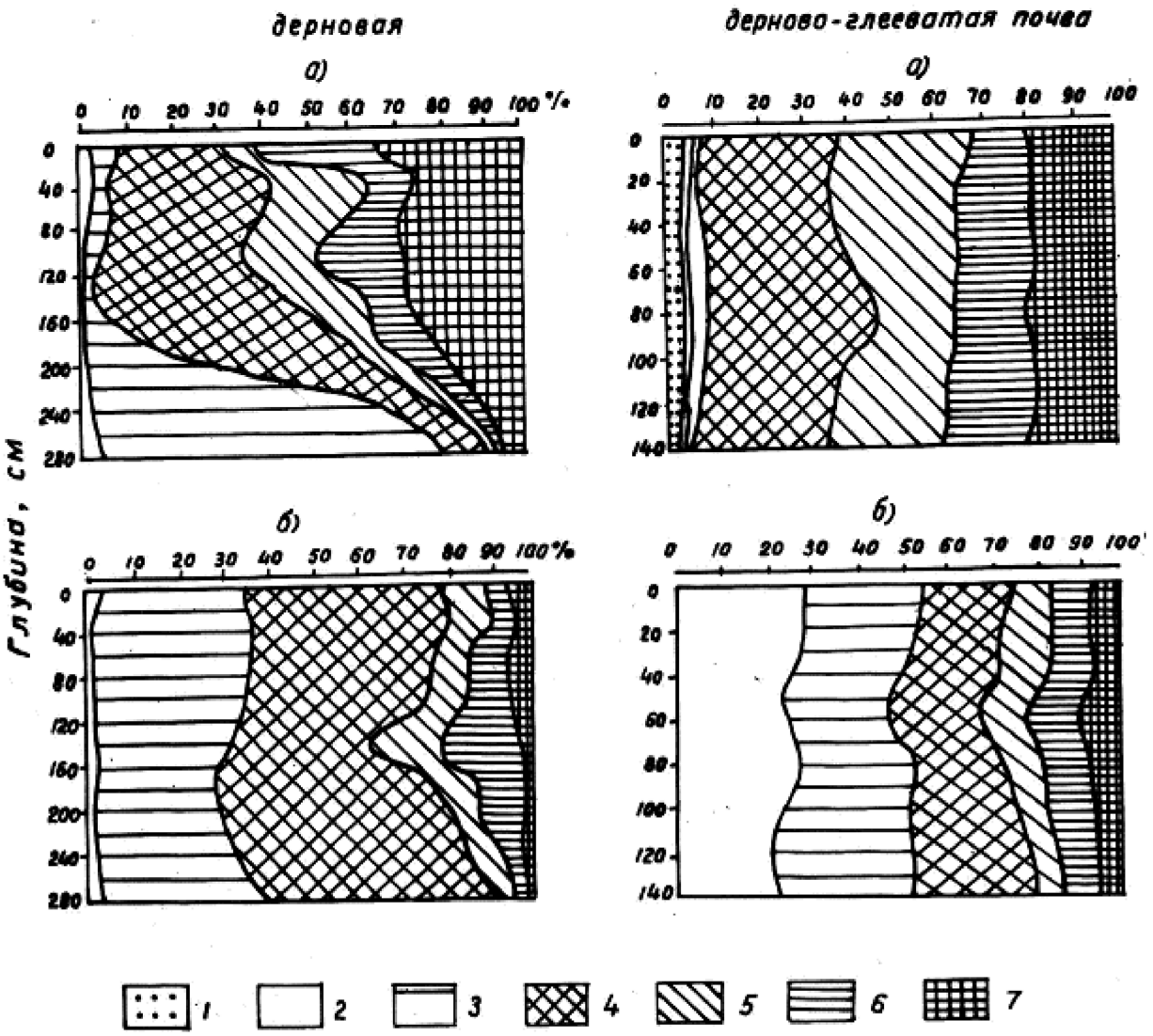


Рис. 3 Механический а) и микроагрегатный б) составы пойменных почв.

1 - потеря от HCl, %; 2 - размер фракций 1 - 0,25 мм
3 - 0,25 - 0,05 мм; 4 - 0,05 - 0,01 мм; 5 - 0,01 - 0,005 мм
6 - 0,005 - 0,001 мм; 7 - менее 0,001 мм

Таблица 16

Влагоемкость почв поймы р. Томь

Слой, см	Запас влаги, мм			В % к ПВ		ВЗ в % от ППВ
	при ПВ	при ППВ	при ВЗ	ППВ	ВЗ	
Дерновая почва						
0-50	288	194	59	67,2	20,5	30,5
50-100	284	182	63	64,0	22,6	35,0
0-100	573	376	123	65,8	21,7	32,8
Дерново-глееватая почва						
0-50	283	170	59	49,5	17,3	34,8
50-100	275	178	66	64,6	24,2	37,4
0-100	558	348	127	56,2	20,5	36,5

Отсюда следует, что водно-физические свойства почв пойм не хуже таковых наиболее плодородных в Западной Сибири серых лесных почв и черноземов обыкновенных, на что указывали исследователи [Черникова, Кузьмина, 1965; Ковалев, Трофимов, 1968].

Валовой анализ исследуемых почв показал повышенное содержание полуторных окислов, особенно в дерново-глееватых почвах (табл. 17), что объясняется поступлением почвенно-грунтовых вод из оглеенных горизонтов и осаждением двухвалентного железа в процессе окисления. Результаты агрохимического анализа дерновых и дерново-глееватых почв свидетельствуют об их благоприятных агрохимических свойствах (табл. 18, 19) и обеспеченности подвижными питательными элементами.

Объект осушения "Открытое болото" Зырянского района, площадью 1000 га, расположен на левобережной пойме р.Чулыма. Объект был построен одним из первых (1973 г.) с расстоянием между каналами 400 м. Аналоги ("Цыганово", "Тарбыковские луга", "Березовские луга", "Челбак III" и др.) были построены в пойме р.Чулыма несколько позже. Геоморфологический тип поймы - сегментно-гривистый, 3-ий тип уровенного режима, почвы - торфяные (см. табл. 15). Литологический профиль имеет следующее строение: с поверхности - торф, мощностью 1,5-4,5 м. Озерно-аллювиальные отложения олигоцена мощностью 50 м представлены песками с прослоями глин, среди которых встречаются линзы супесей и глин.

Весеннее половодье на р.Чулыме имеет продолжительность 3-4 месяца, летняя межень - от 2,5 до 4 месяцев. Водами весеннего половодья 5%-ой обеспеченности участок затапливается полностью, водами 10%-ой обеспеченности - 90% участка, водами 25%-ой обеспеченности - около 75% участка. В 1973 г. паводочные воды затопили весь участок, в 1975 и 1979 гг. – большую его часть.

Таблица 17

Валовой химический состав почв поймы р. Томи (в % на прокаленную навеску)

Глубина, см	ППП, %	SiO_2	R_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	P_2O_5	SO_3	$\frac{SO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$
Дерновая почва													
7-17	4,30	77,93	15,68	4,08	11,60	1,98	0,92	0,26	0,12	опр	6,7	4,9	2,8
45-55	4,20	74,29	15,81	4,41	10,80	0,97	0,56	0,28	0,11	-"-	6,9	4,7	2,4
65-75	3,65	79,38	13,61	4,41	9,20	0,71	0,40	0,23	0,11	-"-	8,6	5,8	2,1
120-130	3,10	78,94	10,50	4,00	6,50	0,35	0,19	0,23	0,13	-"-	12,1	7,5	1,6
220-230	2,25	78,15	11,36	3,36	8,00	0,12	0,08	0,20	0,08	-"-	9,8	6,9	2,4
290-300	1,40	73,90	15,21	3,61	11,60	0,15	0,04	0,17	0,07	-"-	6,4	5,2	3,2
Дерново-глееватая почва													
0-17	4,10	67,15	7,54	6,42	1,12	1,26	0,99	0,31	0,16	0,20	60,0	8,9	0,2
17-27	3,30	66,58	11,59	6,43	5,16	0,81	0,42	0,28	0,14	0,08	12,9	5,8	0,8
56-66	3,80	69,90	12,15	5,68	6,47	0,56	0,37	0,26	0,13	0,03	10,8	5,8	1,1
94-104	4,20	69,56	9,88	4,29	5,59	0,28	0,11	0,23	0,14	0,05	12,5	7,1	1,3
138-148	3,60	71,44	10,09	4,82	5,27	0,13	0,04	0,17	0,09	0,03	13,5	7,1	1,1
168-178	4,10	67,82	22,05	9,76	12,29	0,60	0,32	0,11	0,07	0,01	5,5	3,1	1,2
212-222	3,30	59,46	15,97	9,14	6,83	0,57	0,38	0,09	0,04	0,24	10,2	4,4	0,7

Таблица 18

Агрохимические свойства дерновых почв поймы р. Томи

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	C/N	pH солевой	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований по Каппену	Степень насыщенности основаниями,%	Поглощенные, мг-экв /100 г почвы		Железо по Тамму, %	по Веригиной мг/100 г почвы		Подвижные, мг/100 г почвы	
						мг-экв/100 г			Ca	Mg		Fe^{3+}	Fe^{2+}	P_2O_5	K_2O
Апах	0-10	5,20	0,27	11,1	5,98	5,83	41,94	87,7	22,0	6,0	5,00	8,25	2,68	15,5	—
Апах	10-20	5,30	—	—	5,96	6,25	33,20	84,2	—	—		—	—	15,5	24,0
А1	20-30	3,90	—	—	5,90	4,40	32,00	87,0	—	—		—	—	15,4	20,0
А1	45-55	3,50	0,17	11,9	5,35	4,33	32,64	88,5	20,6	3,1	3,96	8,63	2,50	15,2	—
А1	70-80	3,00	—	——	5,58	4,81	31,20	86,5	—	—		—	—	15,0	23,5
А1	90-100	1,90	0,08	13,7	5,40	3,95	32,64	89,4	20,4	3,6	2,86	5,17	2,21	15,0	—
АВ	120-130	—	—	—	5,98	1,88	34,70	95,0	14,8	5,0	2,87	4,96	1,07	18,5	—
В	173-183	—	—	—	5,60	1,69	34,70	80,3	14,1	3,8	2,78	3,87	0,17	—	—
ВС	190-200	—	—	—	5,45	3,38	35,04	90,1	—	—	2,82	2,75	0,30	10,0	—
С	290-300	—	—	—	5,70	1,13	35,80	90,0	12,0	2,2	2,79	2,31	0,48	2,3	—

Примечание: Прочерк (-) - нет данных

Таблица 19

Агрохимические свойства дерново-глееватых почв поймы р. Томи

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	C/N	pH солевой	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований по Каппену	Степень насыщенности основаниями, %	Поглощенные, мг-экв /100 г почвы		Железо по Тамму, %	по Веригиной мг/100 г почвы		Подвижные, мг/100 г почвы	
						мг-экв/100 г			Ca	Mg		Fe^{3+}	Fe^{2+}	P_2O_5	K_2O
$A_{пах}$	0-17	6,30	0,32	11,4	5,55	6,39	42,98	87,3	19,4	5,60	9,34	8,68	3,47	11,9	12,00
A_1	17-27	4,10	0,31	7,6	5,42	6,02	41,62	87,0	18,0	3,80	7,28	8,46	3,15	12,2	12,90
A_1	56-66	2,78	0,20	8,0	5,50	3,76	40,79	91,1	17,8	3,40	6,15	7,12	2,95	12,8	10,50
A_1	75-85	1,96	0,09	12,5	6,10	2,44	42,73	94,6	—	—	6,47	6,73	2,37	11,2	10,50
AB	94-104	1,01	0,03	19,3	6,54	2,63	43,68	94,8	11,9	2,20	6,23	6,21	2,24	10,3	10,80
B_1	138-148	—	—	—	6,15	2,44	42,75	94,6	9,3	2,40	5,10	5,84	2,07	—	
B_2	168-178	—	—	—	5,80	2,63	41,54	92,7	9,5	2,60	4,87	5,62	2,11	—	
B_2C	196-206	—	—	—	5,90	2,63	41,70	92,5	—	—	4,20	5,17	1,68	—	
C	212-222	—	—	—	6,30	1,88	42,38	94,9	8,1	1,90	3,66	4,75	1,25	—	

Примечание: Прочерк (-) - нет данных

Грунтовые воды приурочены к породам аллювиальных отложений, верховодка, на режим которой влияют атмосферные осадки и условия затопления паводочными водами, - к торфяной залежи. На данном участке мощность торфяных почв составляет в основном 1,5-2,1 м. Торф, слагающий профиль торфяных почв, характеризуется высокой степенью разложения (65-70%), представлен древесными и злаково-осоковыми видами (табл. 20). Начиная с глубины 55 см, присутствует мелкий ракушечник, pH солевой - 5,4-6,5, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия характеризуется как средняя (табл. 21).

Таблица 20

Водно-физические свойства торфянных почв поймы р. Чулым

Глубина, см	Степень разложения, %	Удельная масса	Объемная масса	Общая порозность, %	Вид торфа
		г/см^3			
0-10	60	1,77	0,43	75	древесный
10--20	60	1,77	0,34	81	-"-
20-30	60	1,77	0,28	85	осоково-древесный
30-40	60	1,63	0,33	80	злаково-осоковый
40-50	65	1,63	0,28	83	-"-
50-60	65	1,63	0,30	82	-"-
60-70	65	1,63	0,37	77	-"-
70-80	65	1,63	0,31	81	-"-
80-90	65	1,63	0,29	82	-"-
90-100	70	1,63	0,27	83	-"-

Таблица 21

Агрохимические свойства почв поймы р. Чулым

Глубина, см	pH солевой	Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100г торфа	Степень насыщенности основаниями, %	Зольность, %	Подвижные, мг/100г		Валовое содержание в % на сухой торф			
					P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K2O	Fe_2O_3	CaO
0-10	7,0	1,4	87	33,2	4,1	11,0	1,05	0,01	3,23	9,90
10-20	7,2	0,7	96	33,4	2,0	10,0	-	-	-	-
20-30	7,4	1,4	87	35,4	2,7	9,0	0,68	0,01	1,97	7,20
30-40	6,8	1,4	87	27,6	10,2	10,0	-	-	-	-
40-50	7,0	2,1	82	20,3	-	5,2	0,26	-	1,45	5,80
50-60	7,0	2,1	82	20,5	16,1	2,0	-	-	-	-
60-70	6,4	1,4	87	19,6	5,6	2,5	0,30	0,01	1,57	12,30
70-80	6,8	1,4	87	28,5	6,4	4,5	-	-	-	-
80-90	7,0	2,1	82	28,5	5,6	4,5	0,30	0,01	0,96	9,80
90-100	7,0	1,4	87	27,6	6,1	5,0	0,25	0,01	1,20	11,70

"ВЕРХНИЙ ЛУГ" Зырянского района, площадью 472 га, расположенный на низкой пойме, осушается открытыми каналами и закрытым дренажем. Геоморфологический тип поймы - сегментно-гривистый, 3-ий тип уровенного режима, почвы - дерново-глееватые и торфяные (см.табл.15). В геоморфологическом отношении данный объект приурочен к левобережной пойме р.Кии (приток р.Чулыма). Рельеф типичен для пойменных массивов Западной Сибири - он представлен хорошо выраженными основными элементами: пониженной притеррасной, выравненной центральной, прирусловой частями. В геологическом отношении территория участка

принадлежит к озерно-аллювиальной равнине с преимущественным преобладанием аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений. Современные аллювиальные отложения представлены суглинками и глинами с прослоями торфа и иловатых супесей мощностью до 8 м. Ниже (до 25 м) залегает толща разнозернистых песков с линзами гравийно-галечниковых отложений. В притеррасной части с поверхности залегает торф мощностью 0,8-3,0 м.

На участке отмечены два типа вод: верховодка, которая приурочена к торфам и покровным суглинкам, и грунтовые воды, приуроченные к песчаным образованиям. Глубина залегания верховодки колеблется от 0,6 до 1,2 м. Ее режим зависит от атмосферных осадков и паводочных вод, режим грунтовых вод связан с режимом р.Кии. Амплитуда колебания УГВ достигает 4 м. Уровень подземных вод устанавливается на глубине 2,8-4,2 м. В силу того, что в данном районе отсутствуют выдержанные водоупоры между водоносными горизонтами, воды четвертичных и верхнепалеогеновых отложений представляют единую гидродинамическую зону. Возможно перетекание напорных вод верхнепалеогеновых отложений в водоносный горизонт аллювиальных отложений поймы.

Предварительное осушение данного участка было проведено открытыми каналами в 1970 г. Участок осушения обвалован дамбой, которая предохраняет его от затопления паводочными водами. В 1976 г. был построен закрытый гончарный дренаж. Таким образом, общая продолжительность осушения составляет 12 лет. Параллельно проводились наблюдения за режимами торфяных почв на ЕСТЕСТВЕННОМ БОЛОТЕ "КАРАКОЛЬ" (ОБЪЕКТ-АНАЛОГ), расположенном в пойме р.Кии. Болотный массив "Караколь" сформировался в результате зарастания древнего русла р.Кии.

Торфяные почвы сложены торфом осоковой и древесно-осоковой формаций. Для корнеобитаемой зоны осушаемых торфяных почв характерна задернованность и оструктуренность. Отмечается различие и в физико-химических свойствах: мелиоративное воздействие уплотнило торф, одновременно активизировался процесс минерализации и произошло накопление в поверхностном слое соединений калия и фосфора (табл. 22, 23). Таким образом, можно констатировать начало процесса "оземления" торфяной массы [Томашевский, 1957; Окрушко, 1966; Бамбалов, 1983].

Таблица 22

Водно-физические свойства торфяных почв поймы р. Чулыма

Глубина, см	Степень разложения торфа, %	Удельная масса г/см^3	Объемная масса г/см^3	Порозность, %	Полная влагоемкость, %	Зольность, %
Объект "Верхний луг"						
0-20	55	1,76	0,33	81	246	39,8
20-40	50	1,72	0,41	76	186	35,6
40-60	50	1,70	0,33	80	244	35,8
60-80	50	1,68	0,72	84	310	35,6
80-100	50	1,69	0,32	81	253	34,9
Объект "Караколь"						
0-20	50	1,63	0,19	89	468	22,5
20-40	45	1,65	0,22	87	394	14,1
40-60	40	1,67	0,23	86	374	16,1
60-80	40	1,69	0,19	89	467	14,7
80-100	40	1,66	0,20	68	439	18,0

Таблица 23

Основные физико-химические свойства торфяных почв поймы р. Чулыма

Глубина слоя, см	Валовое содержание окислов, %на сухую навеску				Поглощенные катионы, мг-экв/100 г почвы		pH водной вытяжки
	P_2O_5	H_2O	CaO	Fe_2O_3	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
Объект "Верхний луг"							
0-20	0,42	0,21	3,74	4,65	88,0	8,9	6,8
20-40	0,36	0,20	3,34	3,0	81,0	6,0	6,6
40-60	0,29	0,12	3,20	1,93	82,0	15,8	6,2
60-80	0,10	0,11	2,98	1,91	65,0	13,8	6,4
80-100	0,11	0,10	3,11	1,66	70,0	15,7	6,3
Объект "Караколь"							
0-20	0,34	0,09	5,67	5,33	122,0	11,5	7,3
20-40	0,29	0,06	6,32	2,96	116,0	7,9	7,1
40-60	0,29	0,04	5,87	2,17	122,0	15,6	7,2
60-80	0,16	0,06	5,58	2,02	110,0	15,6	7,0
80-100	0,15	0,04	6,05	2,12	100,0	9,9	7,2

Дерново-глееватые почвы притеррасной части поймы р.Кии имеют тяжелосуглинистый состав в верхней части профиля, сменяющийся на легкоглинистый с глубины 30-50 см. Микроструктуренность почв непрочная. Фактор дисперсности по Н.А.Качинскому в верхних горизонтах составляет 40,8-71,2%, в нижних горизонтах он возрастает до 40,3-90,5%. Объемная масса в метровом слое почвы изменяется в пределах 0,8-1,2 г на кубический см, плотность - 2,25-2,52 г на кубический см, общая порозность, равная 49,4-77,3%, оценивается по Н.А.Качинскому как отличная. Коэффициент фильтрации составляет с поверхности 3,08-5,40 м/сут, в аллювиальном горизонте - 0,14-0,20 м/сут. Мощность гумусового горизонта - 110 см, содержание гумуса - 1,3-6,2%. Почвы характеризуются кислой реакцией почвенного раствора (pH = 4,6-5,0), высокой гидролитической кислотностью (2,6-12,2 мг-экв) и высокой степенью насыщенности основаниями от 74 до 92%. Обеспеченность подвижными формами фосфора и калия оценивается как низкая и средняя.

ОБЪЕКТ ОСУШЕНИЯ "ВЕРХНИЕ ЛУГА" Шегарского района, расположенный на низкой пойме, характеризуется 1-ым типом уровенного режима и сегментно-гривистым типом поймы (см. табл.15). Общая площадь осушения 272 га. В 1974-1976 гг. были выполнены культуртехнические и строительно-монтажные работы, в 1977 г. объект был сдан в эксплуатацию.

Литологический разрез поймы имеет следующее строение: с поверхности залегает слой торфа мощностью 0,6-4,0 м, который подстилается тяжелыми суглинками мощностью 3-12 м, ниже залегает слой обводненных пылеватых песков мощностью 10 м.

Многовершинное, усложненное дождевыми паводками, половодье наблюдается с апреля по август (110-120 дней). Продолжительность летне-осенней межени составляет 3-4 месяца. Минимальные уровни воды р.Оби наблюдаются только в первой половине октября. Самое низкое половодье отмечалось в 1980г., максимальный уровень воды превысил предпаводочный уровень на 5 м (в 1979 и 1978 гг. соответственно на 7 и 6 м), однако и в этот год наблюдался выход воды на пойму, а продолжительность подпора в осушителях достигла 39 дней. Грунтовые воды приурочены к пескам и имеют тесную связь с русловыми водами р.Оби. Уровень верховодки расположен в торфах и изменяется в пределах 0-2 м. На режим верховодки в период вегетации кроме паводочных вод оказывают влияние и атмосферные осадки.

Почвенный покров представлен сильно заиленными торфяными почвами. Торф, мощность которого достигает 1,5-2,0 м, относится к злаково-осоковой формации. Для

данных почв характерны высокие значения объемного веса (в слое 0-20 см - 0,60 г на кубический см) (табл. 24). Коэффициент фильтрации, определенный методом восстановления воды в скважине, составляет 2,3-5,1 м/сут. По агрохимическим показателям торф слабокислый, заиленный (51-80%), среднеобеспечен подвижными формами фосфора и калия.

Таблица 24

Водно-физические свойства торфяных почв поймы р. Оби.

Глубина, см	Степень разложения, %	Удельная масса	Объемная масса	Общая порозность,%	Вид торфа
		г/см^3			
0-10	70	2,27	0,61	73	Злаково-осоковый
10-20	70	2,39	0,60	74	-“-
20-30	70	2,42	0,59	76	-“-
30-40	70	2,34	0,48 .	79	-“-
40-50	70	2,25	0,45	80	-“-
50-60	70	2,75	0,57	75	-“-
60-70	70	2,09	0,45	78	-“-
70-60	70	2,03	0,37	82	-“-
80-90	70	2,26	0,43	81	-“-
90-100	70	2,37	0,48	80	-“-

Водный режим почв

Водный режим почв высокой поймы в естественных условиях. Исследования одного режима проводились на дерновых и дерново-глееватых почвах поймы р.Томи в течение 1971-1976 гг., которые по обеспеченности осадков за вегетационный период характеризуются как средние и влажные (табл. 25). Однако распределение осадков и тепла по отдельным месяцам было крайне неравномерным. Промерзание/оттаивание определялись мерзлотомерами Данилина и ручным бурением, влажность почв - термостатновесовым методом. Отбор образцов на влажность проводился в 4-6 повторностях ежедекадно (на объекте орошения - каждую пентаду, а также до и после полива) по 10-сантиметровым слоям до глубины 1,0-1,6 м. Для наблюдений за колебаниями УГВ на опытных участках оборудовались наблюдательные скважины, где раз в три дня делались замеры.

Рассмотрим динамику влажности за два наиболее контрастных года исследуемого периода - 1971 и 1972. Коэффициент увлажнения по Н.Н.Иванову (1948) соответственно равен 0,7 и 1,2 (см. табл. 25). Водный режим дерновых почв в большей мере подвержен изменениям по сравнению с данным режимом дерново-глееватых почв (рис. 4). Это определяется уровнем залегания грунтовых вод (табл. 26) и особенностями литологического строения высокой поймы: двучленным профилем почв по гранулометрическому составу и более близким к поверхности залеганием песчаного слоя [Инишева, Танзыбаев, 1976]. Важно отметить также, что в верхней части профиля тяжелых почв высокой поймы имеются прослойки супесчано-песчаного состава, а иногда и тонкие прерывистые слои гальки размером 1-3 см. Подобное сложение благоприятствует оттоку инфильтрующихся вод.

Таблица 25

Метеорологические условия в годы исследований,ГМС Томск

Метеорологические характеристики	Год	Месяцы					
		V	VI	VII	VIII	IX	V-IX
Томск атмосферные осадки мм /% обеспеченности	1971	70,6 16,5	46,4 58,8	40,3 79,9	85 41,2	31,9 65,9	274,2 58,8
	1972	46.1 41,2	124,9 6,0	86,3 16,5	61,5 51,8	38 58,8	356,8 19
	1973	61,8 20,1	76,1 20,1	148,3 2,5	14,2 97	13,1 97	313,5 21,7
	1974	80,3 9,5	82,2 13,0	25,4 97	89,8 84,1	97,7 2,5	375,4 6
	1975	90 2,5	38,9 73,9	56,3 55,3	54 62,3	50,5 34,1	269,7 48,2
	1976	28,4 86,5	75,6 32,0	100,2 17	32,5 88	68,9 12	306,3 42
Температура воздуха, ^{o}C /% Обеспеченности	1971	8,9 51,8	15,2 58,8	17 79,9	15,5 48,2	10 37,7	13,3
	1972	7 90,2	15 62,3	16,1 94	13,8 87	5,7 94	11,5
	1973	7,9 76,4	16,2 41,2	17,7 76,4	16,7 13	10,4 30,6	13,8
	1974	9 48,2	14,3 73,9	18 69,4	15,6 41,2	8,5 65,9	13,1
	1975	6,8 94,0	13,9 83,5	19,5 41,2	14,6 73,9	9,8 44,7	12,9
	1976	9,1 50,0	18,5 1,6	17,7 71	14,8 35	9,3 42	13,9 31,8
Коэффициент увлажнения	1971	1.0	0,5	0,5	1,4	0,6	0,8
	1972	0,6	1,7	1,6	1,3	0,9	1,2
	1973	0,8	0,8	0,9	0,2	0,2	0,6
	1974	1,3	1,3	0,3	1,6	0,3	0,9
	1975	1,5	0,4	0,5	0,8	1,3	0,9
Сумма температур больше 10°	1971	135	394	511	449	234	1723
	1972	122	421	484	358	58	1446
	1973	128	464	547	517	265	1923
	1974	199	280	556	485	155	1778
	1975	116	371	605	431	180	1705
	1976	15	554	548	459	242	1818

Таблица 26

Уровень грунтовых вод в пойме р.Томи за вегетационные периоды, м

Год	Месяц	Дерновые почвы			Дерново-глинистые почвы		
		Декада					
		I	II	III	I	II	III
1971	июнь	4,62	4,35	4,73	Не измерялись		
	июль	5,32	5,59	5,76	Не измерялись		
	август	5,98	6,33	6,34	Не измерялись		
	сентябрь	6,44	6,49	6,63	Не измерялись		
1972	июнь	-	4,75	5,46	-	1,75	1,39
	июль	5,70	5,69	5,50	1,37	1,49	1,68
	август	5,86	6,11	6,17	1,79	1,96	1,86
	сентябрь	6,09	6,06	6,07	2,20	2,27	2,28
1973	май	-	3,96	4,14	-	3,60	3,44
	июнь	3,89	4,25	4,81	-	2,37	1,83
	июль	5,36	5,69	5,95	2,83	3,35	3,49
	август	6,19	6,19	6,41	3,53	4,00	4,02
	сентябрь	6,59	6,74	6,88	4,08	-	-
1974	май	4,77	4,90	5,04	4,44	4,51	4,59
	июнь	5,21	5,65	5,94	4,17	1,46	2,02
	июль	6,19	6,55	6,71	2,86	3,25	3,62
	август	6,84	6,93	7,00	4,08	4,20	4,28
	сентябрь	7,05	6,96	6,82	4,39	4,67	4,95
1975	май	-	4,25	3,40	-	2,76	3,69
	июнь	3,09	4,11	4,81	-	3,97	3,67
	июль	5,33	5,69	5,92	3,79	3,89	4,10
	август	-	6,63	6,72	4,30	4,50	4,76
	сентябрь	6,89	7,00	-	4,95	-	-
1976	май	5,64	5,62	5,83	-	-	-
	июнь	5,90	6,03	-	-	5,56	-
	июль	6,55	6,87	-	-	5,65	-
	август	-	7,14	-	5,76	5,65	-
	сентябрь	7,13	-	-	5,58	-	-

Примечание. Прочерк (-) - нет данных.

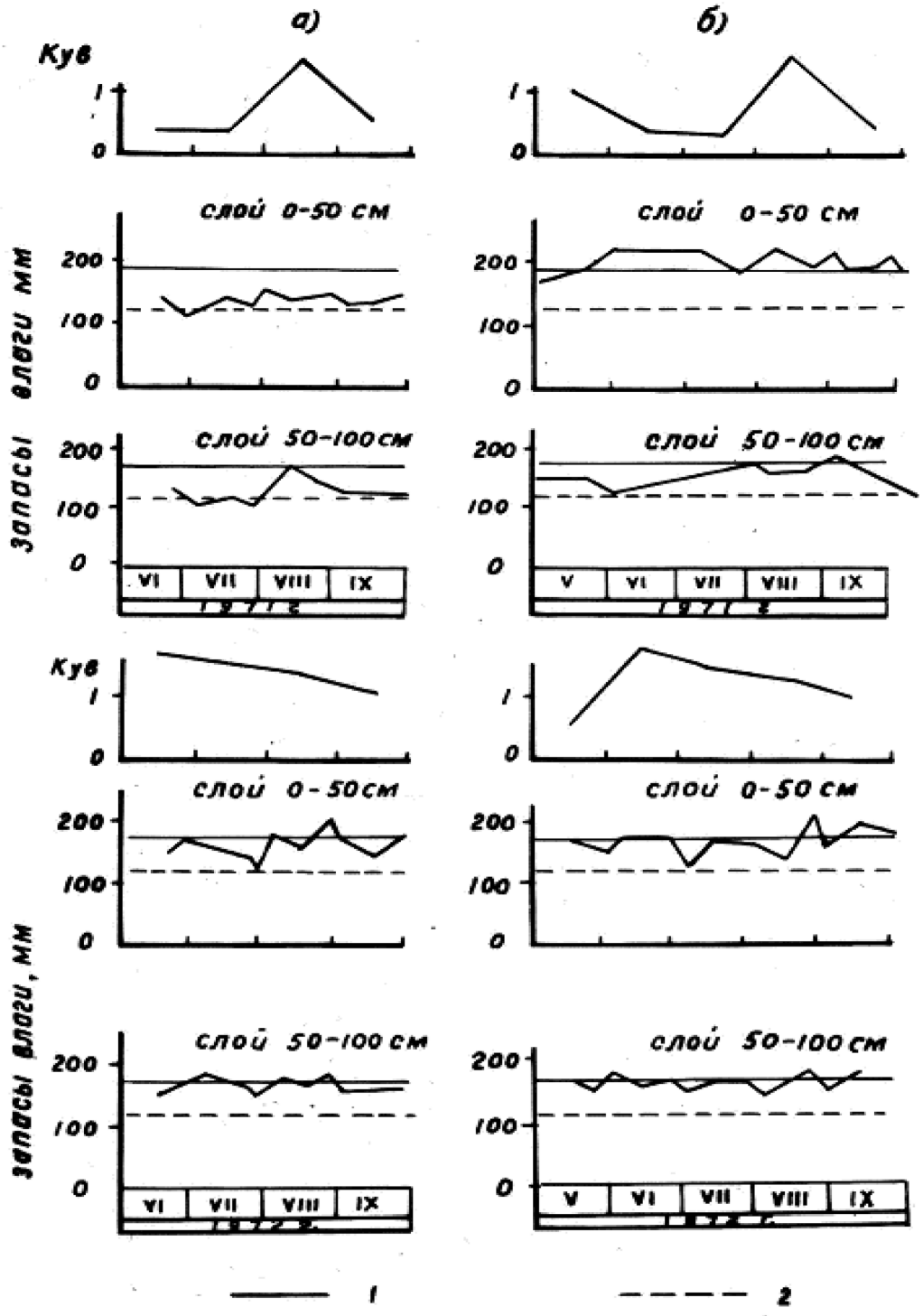


Рис. 4 Динамика запасов влаги

Почва: а) дерновая

б) дерново – глееватая

1 - запасы влаги при ППВ,

2 - запасы влаги при 0.7 ППВ

Кув - коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову

В тяжелых дерново-глееватых почвах с близким УГВ прослойки супесчано-песчаного состава способствуют большему капиллярному подъему влаги из грунтовых вод. Результатом является более стабильный режим влажности, близкий к капиллярному насыщению (см. рис. 4).

Во временной отрезок исследований вошли годы одинаковой обеспеченности осадков в целом за май-сентябрь. Однако существенное значение на режим влажности пойменных почв оказывает характер распределения осадков на протяжении всего периода вегетации сельскохозяйственных культур. Так, распределение осадков в 1972 г. определило гравитационный сток в 5 сроков наблюдений из 11. Сток за вегетационный период 1972 г. составил 56 мм, а в 1974 г. стока не было, но в дерновых почвах в данном году отмечался дефицит влажности, что объясняется характером распределения осадков на протяжении всего периода вегетации.

Следует отметить также отсутствие четкой зависимости влажности почв от величины выпадающих атмосферных осадков. Применительно к дерново-глееватым почвам это объясняется близким залеганием УГВ. В дерновых почвах на стыке двух слоев разного гранулометрического состава (тяжелый грунт подстилается более легким) происходит скопление влаги. При очередном поступлении осадков слой легкодоступной капиллярной подперто-подвижной влаги распространяется вниз. Подобный режим влажности почв ранее отмечал А.Ф.Лебедев (1936).

В исследуемых почвах происходит пополнение запасов влаги в осенний период при выпадении атмосферных осадков и в результате подтягивания влаги к промерзающему слою, что отмечается во все годы исследований (табл.27). Л.А.Разумовой (1950) выделены три типа изменения влагозапасов в процессе промерзания почвы зимой. Рассматриваемые почвы относятся к типу почв с сильным влагонакоплением.

Таблица 27

Изменение запасов влаги за период октябрь-апрель в дерновой (числитель) и дерново-глееватой (знаменатель) почвах

Слой почвы, см	Годы	Влагозапасы осенью		Влагозапасы весной		Изменение запасов влаги на осенне-зимний период до снеготаяния, мм
		мм	% от ППВ	мм	% от ППВ	
0-30	1972-73	116 135	96 131	174 130	145 126	+58 -5
0-50		176 192	91 113	243 198	138 116	+67 +6
50-100		121 158	72 89	169 155	93 87	-38 -3
0-30	1974-75	75 107	62 104	133 111	111 108	+58 -6
0-50		120 177	62 104	204 184	105 108	+84 +7
50-100		74 149	41 84	129 174	71 98	+55 +25
0-30	1975-76	82 76	68 74	128 123	106 119	+46 +47
0-50		116 126	60 74	188 196	97 115	+72 +70
50-100		125 147	68 82	115 195	63 109	-10 +48

Исследования, проведенные в зоне достаточного и избыточного увлажнения [Васильев, 1948; Иванов, 1950; Идзон, 1951], показали неспособность мерзлой почвы, хорошо увлажненной с осени, поглощать талые воды, которые при этом сбрасываются преимущественно поверхностным стоком. В исследуемых почвах поверхностный сток практически отсутствует. Только весной 1972 г., когда снег таял очень быстро вследствие внезапного наступления тепла (24 апреля сразу же произошел переход температуры через 10 градусов С в сторону повышения), в понижениях поймы наблюдался непродолжительный застой воды. Однако все данные по водопроницаемости приводятся авторами для мерзлых водораздельных почв, значительно отличающихся по своим структурным свойствам от почв пойм, которые характеризуются крупнопористой структурой. В крупных порах вода не застывает в виде монолитной массы. Она имеет вид спрессованного подтаявшего снега. Данные поры благоприятствуют проникновению талых вод. Установлено также [Филиппова, 1955], что в структурных почвах в период снеготаяния степень их промерзания от сильной быстро переходит в состояние слабой мерзлоты, что также обеспечивает просачивание талых вод. Высказанные мнения совершенно справедливы в отношении исследуемых почв. При бурении в изломе структурных отдельностей такие крупные поры хорошо видны, а при переходе температуры через 0 градусов С бур довольно легко врезается в мерзлый слой. Но кристаллы льда в изломе уже обнаруживаются с трудом. Проведенное экспериментальное определение коэффициента фильтрации в мерзлых пойменных почвах показало следующие результаты: в дерново-глееватых - 0,006 м/сут, в торфяных - 0,02 м/сут. Выше также отмечалось, что исследуемые почвы часто перед снеготаянием имеют влажность на уровне 0,7 ПВ. Это свидетельствует о наличии свободной порозности аэрации, которая может способствовать фильтрации талых вод. Фактор фильтрации талых вод через мерзлую толщу отмечен и Н.А.Мосиенко (1984).

Динамика запасов влаги и дефицит влажности. Динамика запасов влаги рассмотрена нами в разные по метеорологическим условиям годы (рис.5). И в средний, и во влажный годы запасы влаги в метровом слое в основном не превышают ППВ как в дерновой, так и в дерново-глееватой почвах, что объясняется высоким коэффициентом фильтрации данных почв. Однако отметим, что в одинаковые по обеспеченности осадков (в сумме за май-сентябрь) вегетационные периоды динамика влажности исследуемых почв существенно различается в зависимости от распределения осадков каждого месяца. Экстремальные значения запасов влаги за годы исследований незначительно превышают границы оптимальной влагообеспеченности (рис. 6). И только во второй половине лета запасы влаги снижаются к границе влажности завядания. Дефицит влажности в отдельные декады достигает высоких значений (табл. 28). Недостаточная влагообеспеченность отмечается и в дерново-глееватых почвах, несмотря на подпитывание корнеобитаемого слоя от грунтовых вод.

Таблица 28

Дефицит влажности в дерновой и дерново-глееватой почвах за вегетационный период I97I-I975 гг., м^3/га

Годы наблюдений	Дефицит влажности					
	Средние значения			Максимальные значения		
	Слои см			Слои см		
	0-30	0-50	0-100	0-30	0-50	0-100
Дерновые почвы						
1971	272	513	975	360	570	1210
1972	дефицит не наблюдался			80	20	400
1973	65/190	107/350	46/570	230/330	330/570	460/1100
1974	310	490	810	440	660	1370
1975	362	607	815	790	1120	1580
Дерново-глееватые почвы						
1971	49	107	180	170	480	710
1972	не набл.	15	не набл.	190	320	340
1973	не набл. / 198	не набл. / 365	91 / 621	80 / 510	120 / 760	440 / 1170
1974	110	210	510	220	380	1050
1975	334	490	696	680	1090	1180

Примечание: В 1973 году рассматриваются отдельно влажный период май-июль - в числителе, и засушливые - август-сентябрь - в знаменателе.

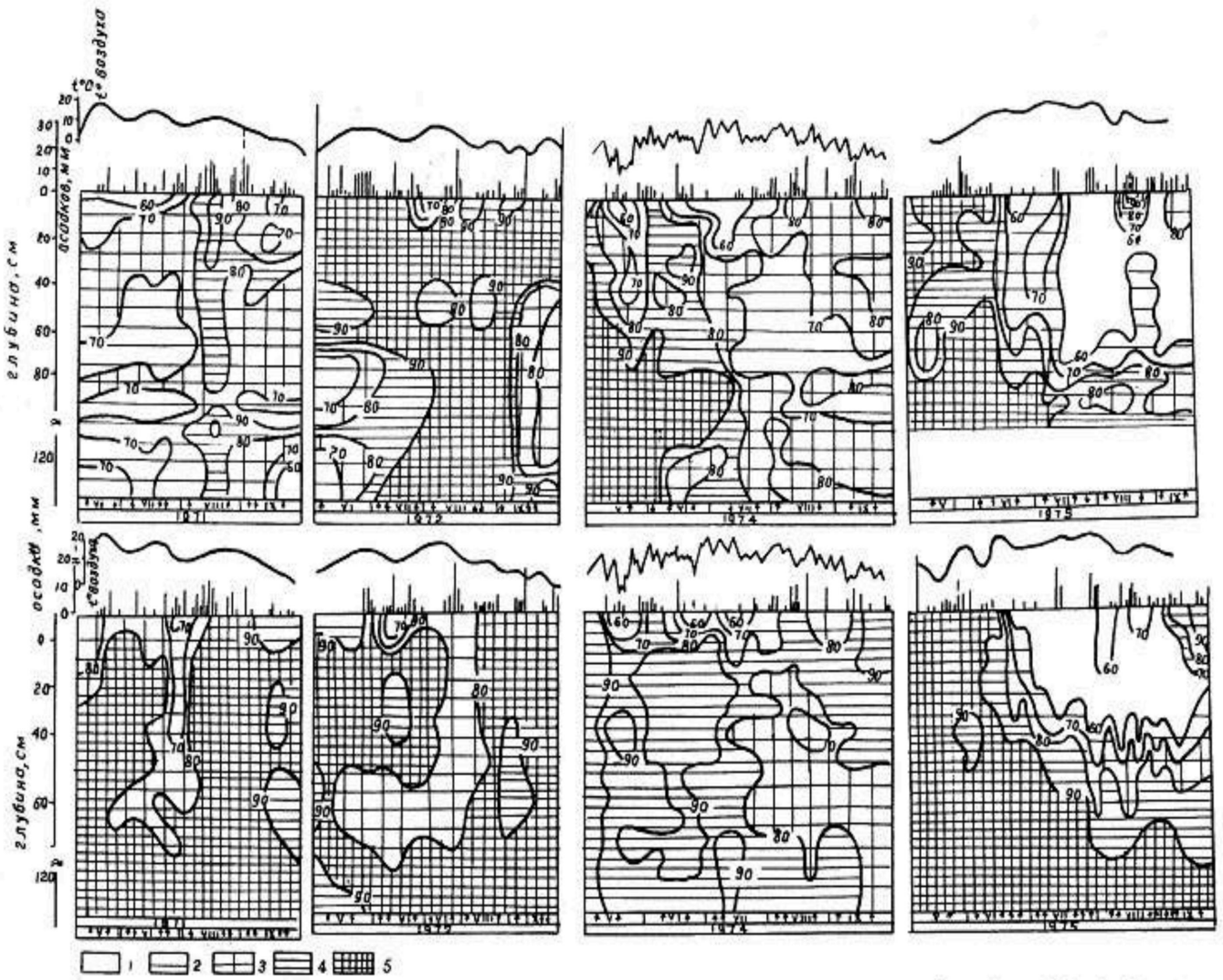


Рис.5 Динамика влажности в средние /1971 и 1975/ и влажные /1972 и 1974 / годы
I - менее 60% ПВ; 2 - 60-70%; 3- 70-80%; 4 -80-90%; 5- более 90% ПВ

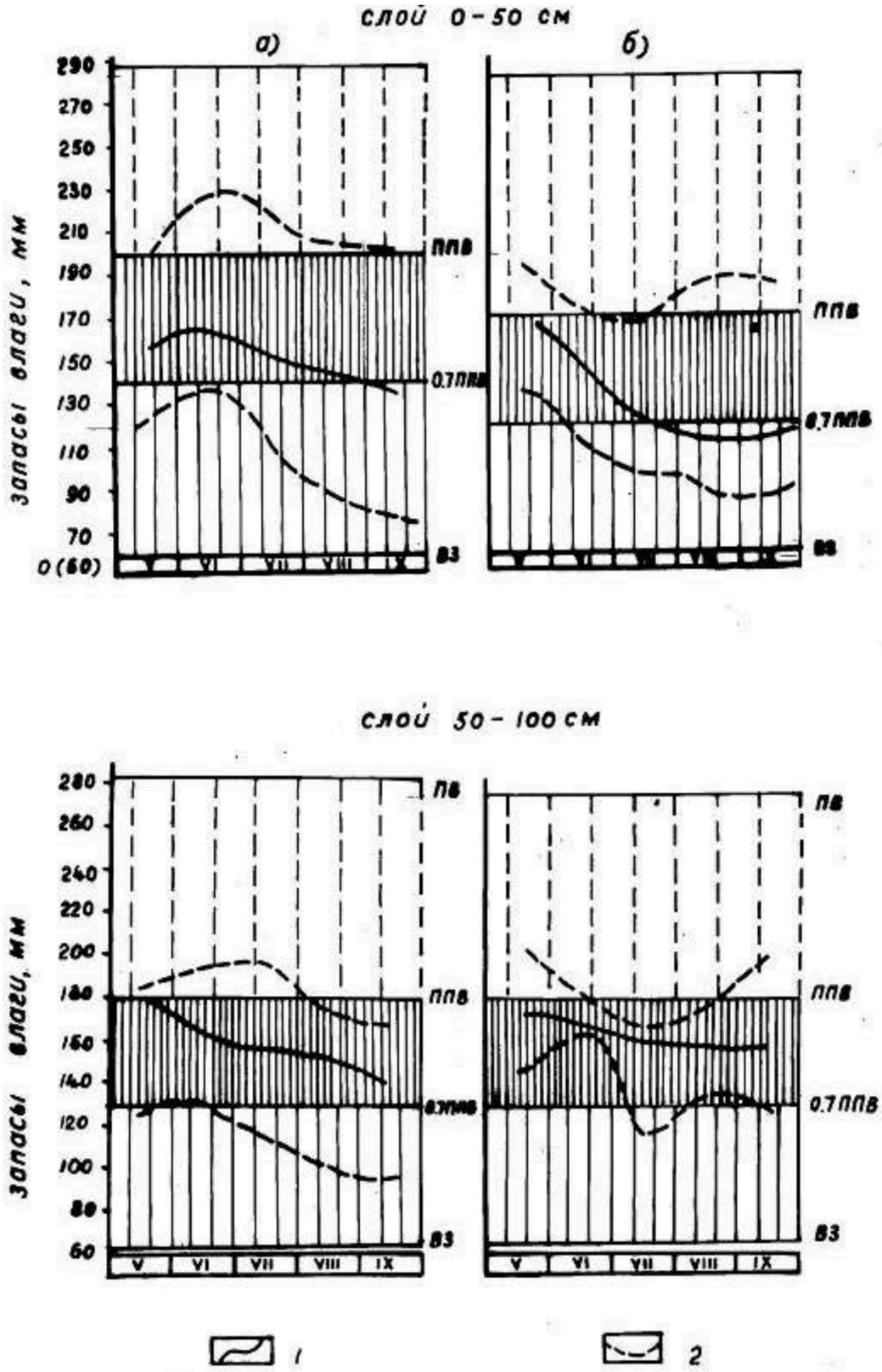


Рис. 6 Ход послойных запасов влаги

Почва: а) дерновая; б) дерново - глееватая (за 6 лет 1971-1976 гг)

1 - среднее значение запасов влаги, мм

2 - экстремальные значения запасов влаги, мм

Режим влажности исследуемых почв на каждый момент времени определяется комплексом метеорологических, литолого-геоморфологических условий и свойствами почв. Таким образом, водный режим дерново-глееватых и в особенности дерновых почв в незатапливаемой в половодье пойме в значительной мере зависит от погодных условий отдельных месяцев вегетационного периода. Согласно проведенным исследованиям влагообеспеченность почв высокой поймы в естественном состоянии недостаточна как для сохранения их экологического состояния, так и для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур.

Водный режим почв высокой поймы в условиях орошения. При орошении поливная норма определяется из характеристики водно-физических свойств почв - 0,3 ППВ. На основании определения глубины проникновения корневой системы была принята мощность орошаемого слоя 0-50 см и норма орошения - 500 кубических м /га. Однако, учитывая наличие мезопонижений в рельефе орошаемого участка, куда могут стекаться оросительные воды, а также увлажнение верхнего полуметрового слоя дерновых почв вследствие капиллярного подпитывания от влаги, находящейся в подвешенном состоянии на стыке слоев разного гранулометрического состава, о чем выше упоминалось, норма орошения была определена в 300 кубических м /га. Заметим, что последующие исследования показали правильность выбора поливной нормы, что было подтверждено динамикой водного режима пойменных почв и величиной урожаев. При проведении эксперимента с орошением определились особенности дерново-глееватых почв: расчет водного баланса позволил оценить участие грунтовых вод в водообеспеченности растений, достигающее в отдельные периоды 10-40% от общего расхода влаги на испарение. Отсюда следует,что в годы высокой обеспеченности осадков поливная норма на дерново-глееватых почвах не должна превышать 150-200 $м^3$/га, что в проекте не было учтено.

Назначение орошения проводилось двумя методами: по влажности почв и методике СевНИИГиМа [Циприс, 1973], которые показали незначительное расхождение (2,6 дня), допускаемое при укомплектовании графиков гидромодуля. Распределение поливов приведено в таблице 29. Проведенные поливы обеспечивают увеличение влагозапасов в верхнем 50-сантиметровом слое дерново-глееватых почв выше линии ППВ, а в мае-июне запасы влаги достигли значений ПВ (рис. 7).

Таблица 29

Распределение поливов за вегетационные периоды

Порказатели	Год	Культура	Месяц				Всего
			VI	VII	VIII	IX	
Обеспеченность осадков, %	1973		20	2	97	97	
	1974		13	97	34	2	
	1975		73	53	62	34	
Число поливов	1973	Капуста	1	1	2	1	5
	1974	Капуста	2	4	1		7
	1973	Мног.Травы	-	-	2	1	3
	1974	Мног.Травы	-	3	1	1	5
	1975	Мног.Травы	-	2	1	1	4

В дерновых почвах даже в условиях орошения поверхностный слой характеризуется контрастным водным режимом. Отсюда следует, что неравномерность увлажнения и дефицит влаги в почвах сохраняется и в условиях орошения. Следовательно, частота поливов для поддержания влажности не ниже 0,7 ППВ должна быть увеличена. Очередной срок полива по методике СевНИИГиМ назначается из положения, что все выпавшие осадки используются продуктивно на суммарное испарение. Однако при выпадении осадков сверх капиллярного насыщения дерновой почвы начинается фронтальная миграция гравитационной влаги в грунтовые воды.

Определить в данном случае очередной срок полива для почв с хорошей водопроницаемостью можно только бурением для определения влажности почв после каждых атмосферных осадков.

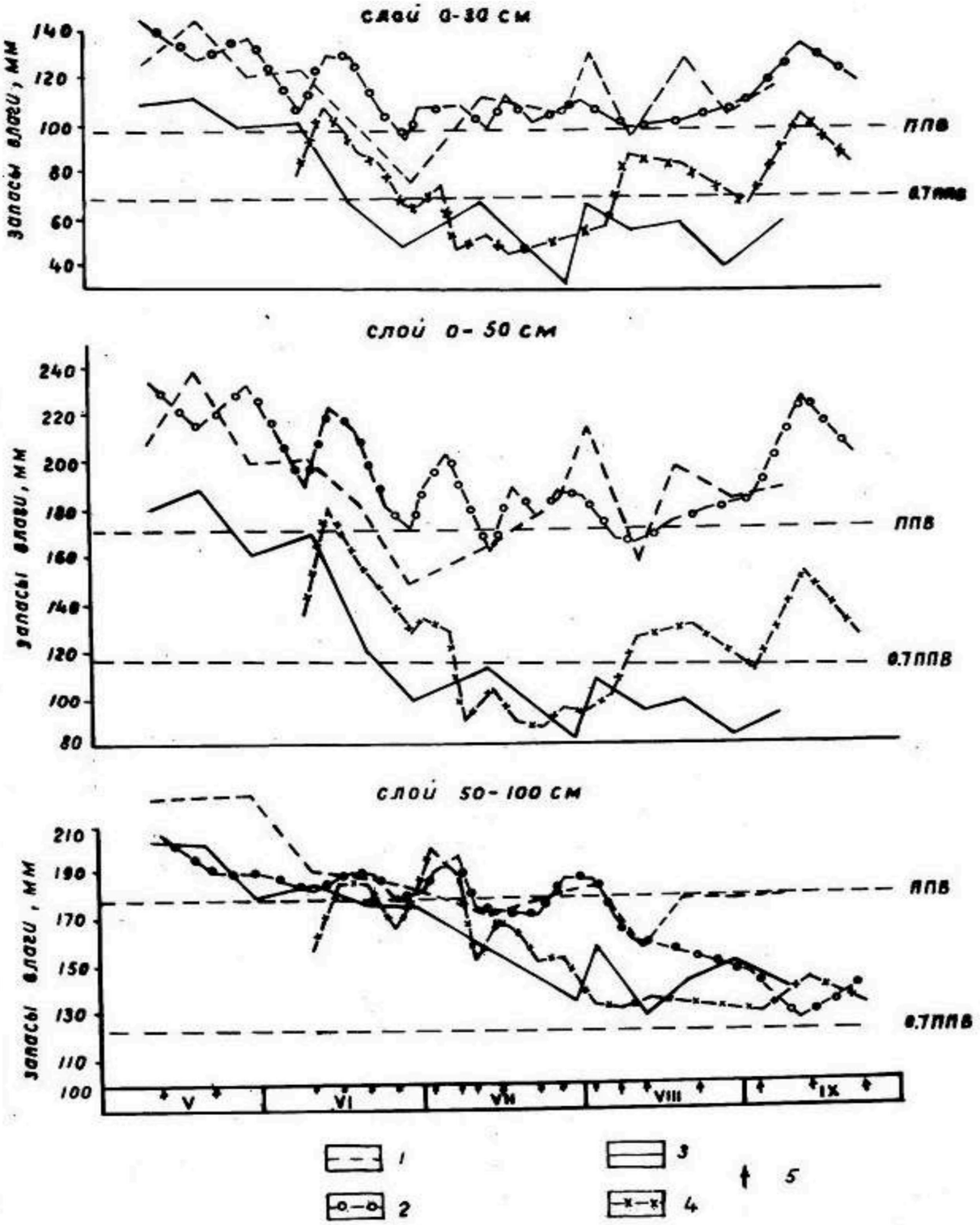


Рис. 7 Динамика запасов влаги в дерново-глееватой почве
1-Запасы влаги (без орошения) 1974г; 2-тоже (с орошением) 1974г.
3- запасы влаги (без орошения) 1975г; 4-тоже (с орошением) 1975г.
5- сроки наблюдений

Заслуживает внимания и тот факт, что ход среднесуточного суммарного водопотребления, например, такой влаголюбивой культурой, как капуста, снижается только на период вегетативной фазы завивки кочана (рис. 8). Все остальные периоды вегетации водопотребление характеризуется высокими значениями, и для получения планируемых урожаев требуется дополнительное увлажнение почв. Именно недостаточной почвенной увлажненностью объясняются невысокие урожаи данной культуры в опытах (табл. 30) при общей эффективности орошения (в 1973 г. урожай при поливе больше в 2,2-2,5 раза). Планируемые урожаи многолетних трав не были получены и на орошаемых дерново-глееватых почвах (общий урожай, табл. 31).

.

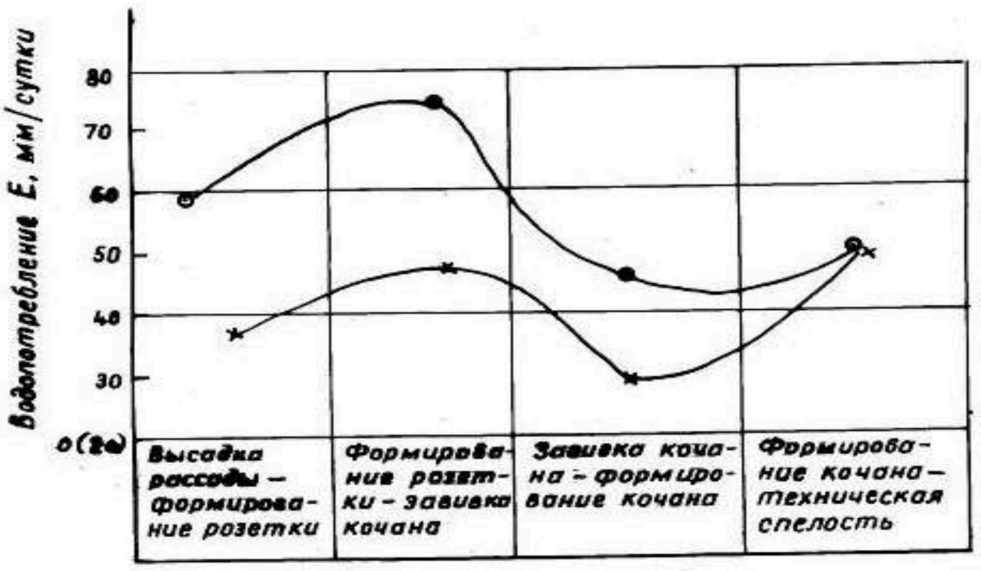


Рис. 8 Ход среднесуточного суммарного водопотребления капусты
1- данные 1974 года
2- данные 1973 года

Таким образом, возникает вопрос: была ли необходима оросительная мелиорация на дерново-глееватых почвах? Прибавка в урожае многолетних трав не оправдывает произведенных затрат. Выше было показано, что не всегда экономически эффективно орошение и на дерновых почвах. По-видимому, подход к орошению пойменных почв должен быть другим.

Все вышеприведенные результаты до сих пор рассматривались с традиционных в мелиоративном проектировании позиций обеспеченности влагой сельскохозяйственных культур. Рассмотрим их с экологических позиций. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что в орошаемых дерновых почвах за годы наблюдений отмечается сток 0,7 мм/га в июле, августе 1973 г. и 0,35 мм/га в июне, июле, сентябре 1974 г. С экологических позиций орошение не должно вызывать сток. Видимо, эксплуатационный режим орошения должен устанавливаться не по расчетному методу, а непосредственно по измеряемой с помощью датчиков как до полива, так и в момент полива влажности почв. В результате исчезнет необходимость выяснять, что выгоднее: пропустить 1-2 полива или рассчитать оросительную систему на 75, 95% обеспеченности осадков. Поставленная проблема демонстрирует, что принятые в современном

проектировании теоретические методы расчета режима орошения далеко не оптимальны для пойменных почв: при дополнительном увлажнении, вызывающем сток, происходит вынос не только воднорастворимых соединений, но и илистой фракции. Таким образом, только намечающийся в почвах высокой поймы подзолистый зональный процесс в условиях орошения может усилиться и разрушить сложившееся в данных почвах биологическое равновесие. Этому способствует и длительное незатопление поймы паводочными водами вследствие изменения гидрологического режима реки под влиянием антропогенного воздействия. Обобщая изложенные выше данные, отметим, что оценка влагообеспеченности почв по гидрометеорологическим параметрам, которая в последнее время находит все большее практическое применение, не может быть корректной. При назначении режима орошения следует исходить из анализа водного режима почв, суммирующего показатели метеоэлементов и свойства почвогрунтов. Подчеркнем, что почвы пойм характеризуются своеобразием водно-физических свойств, вызванным условиями почвообразования. Кроме того, при назначении способа мелиоративного воздействия необходимо исходить из приоритета плодородия почв как невосполнимого ресурса биосферы.

Представляют интерес подходы к выбору режима орошения в других странах. Так, M.Reddy и W.Clyma (1983) предложили модель для определения оптимальных параметров оросительных систем, суть которой заключается в выявлении максимальных прибылей при минимуме затрат (в советской литературе данный метод известен под термином "экономический ущерб"). Расчеты, проведенные данным методом, показывают, что наибольший урожай должен быть получен при норме полива 25 мм (рис. 9), но количество поливов достигает 19. Самыми большими будут и затраты (рис. 9а). В результате наиболее выгодной оказывается норма полива 51 мм: чистый возврат при данном варианте составил 12832 $ при норме полива 25 мм - 10000 $. Следовательно, разница составляет приблизительно 2000 $. Вероятно, данные затраты можно было бы отнести за счет экологических, которые окупились бы через десятилетия сохранением почв как биоресурса планеты.

Таблица 30

Урожай капусты на дерновых почвах с орошением и без орошения

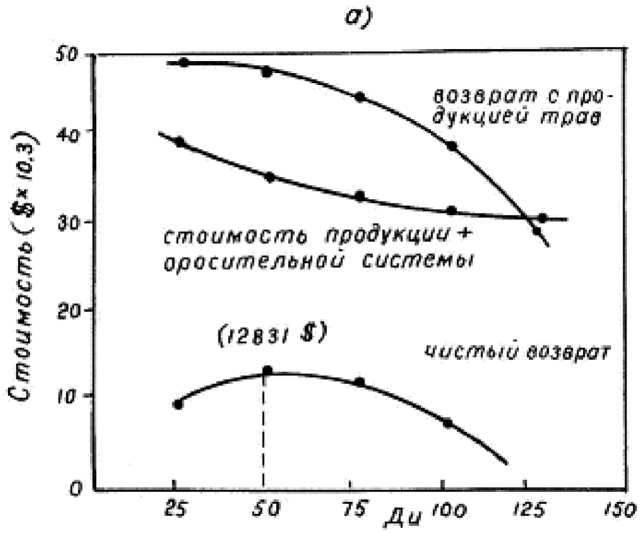
Год	Число поливов	Оросительная норма, $м^3$/га	Урожай, ц/га	Прибавка урожая		Примечание
				ц/га	%	
1971	-	Контроль	322,9	-	100	P = 4,5 %
	1	300	383,9	61,0	118,9	
1972	-	Контроль	150,5	-	-	P = 9,7 %
			253,7			
1973	-	Контроль	560,7	-	100	$НСР_{}$ = 137ц/га
	5	1000	646,7	307,0	121,0	P=8.7%
	5	1500	480,0	393,0	154,9	
	5	2000	580,7	226,3	89,5	
1974	-	Контроль	684,7	-	100	$НСР_{0,95}$ = 71ц/га
	7	1400	730,4	104,0	17,9	P = 3,5 %
	7	2100	660,2	149,7	25,7	
	7	2800	563,8	79,5	13,7	
	6	1800 (без 1-го полива)	687,9	-166,6	-22,4	
	6	1800 (без 2-го -"-)	645,6	42,5	-5,3	
	6	1800 (без 3-го -"-)	658,1	-11,2		
	6	1800 (без 4-го -"-)	686,1	-72,3	-9,5	
	6	1800 (без 5-го -"-)	253,7	-44,3	-5,6	

Таблица 31

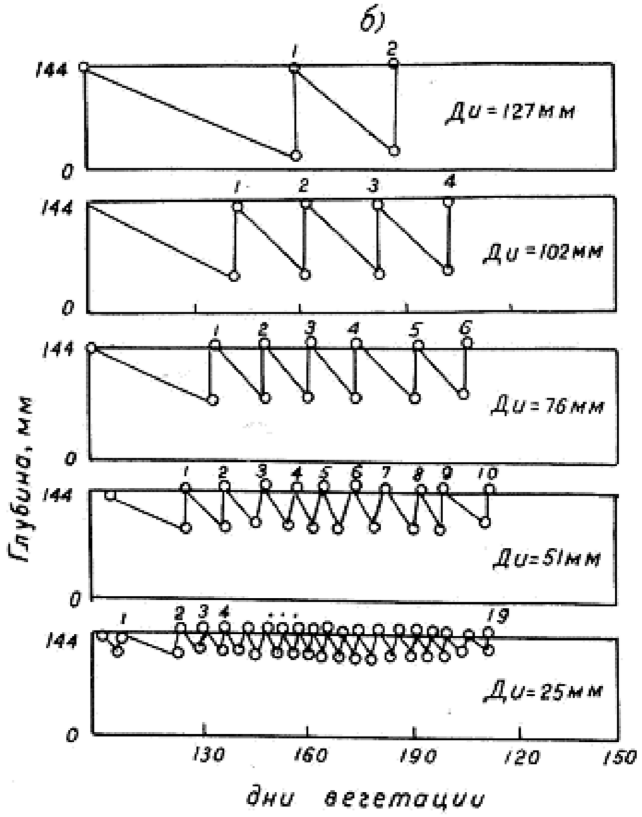
Продуктивность многолетних трав по укосам на дерново-глееватых почвах

Варианты	Год	Общий урожай, %	Распределение урожая воздушно-сухой массы по укосам											
			I		II		III		IV		V		VI	
			ц/га	от общего урожая, %	ц/га	от общего урожая, %	ц/га	от общего урожая, %	ц/га	от общего урожая, %	ц/га	от общего урожая, %	ц/га	от общего урожая, %
	1973	Травы второго года пользования												
Контроль		90,4	40,1	44,3	12,7	14,0	15,5	11,6	12,9	12,0	13,3	40,1	-	-
Полив = 30 мм		112,7	44,1	39,1	11,9	10,5	11,1	9,8	19,4	17,3	26,3	23,3	-	-
$НСР_{0,95}$=62,5 ц/га		P= 10%												
	1974	Травы третьего года пользования												
Контроль (№45)		52,7	16,0	30,4	9,3	17,6	8,6	12,5	5,5	10,4	11,2	21,3	4,1	7,8
Полив = 30 мм (№45)		63,9	18,1	28,3	11,2	17,5	15,0	23,4	7,3	11,4	6,7	10,5	5 6	8,9
Полив = 40 мм (№45)		73,3	16,1	22,0	12,1	16,5	15,7	21,4	14,5	19,7	9,7	13,2	5,2	7,2
Контроль (№60)		51,9	23,3	44,9	4,6	8,9	6,0	11,6	2,8	5,4	11,5	22,2	3,7	7,0
Полив = 30 мм (№60)		69,9	13,7	19,6	14,7	21,0	18,8	26,8	12,6	18,0	5,9	8,5	4,2	6,1
Полив = 40 мм (60)		73,0	15,4	21,1	11,8	16,2	15,9	21,8	15,9	21,8	9,0	12,3	5,0	6,8
$НСР_{0,95}$=15,41 ц/га		P=3,7 %												
	1975	Травы четвертого года пользования												
Контроль (№45)		38,5	13,3	34,5	13,1	34,0	3,5	9,1	6,3	16,4	2,3	6,0	-	-
Полив = 30 мм (№45)		45,6	13,6	29,8	11,0	24,1	6,1	13,4	8,9	19,5	6,0	13,2	-	-
Полив = 40 мм (№45)		56,8	12,8	22,5	9,4	16,5	12,2	21,5	15,8	27,8	6,6	11,6	-	-
Контроль (№60)		37,6	15,4	41,0	11,2	29,8	3,0	8,0	5,4	14,4	2,6	6,9	-	-
Полив = 30 мм (№60)		55,3	13,9	25,1	16,9	30,6	6,2	11,2	13,3	24,1	5,0	9,0	-	-
Полив = 40мм(№60)		57,3	12,9	22,5	11,1	19,4	10,2	2,1	15,7	27,4	7,4	12,9	-	-
$НСР_{0,95}$=11,3 ц/га														
	1976	Травы пятого года пользования												
Контроль (№45)		16,1	19,0	55,9	3,6	22,1	3,5	22,0	-	-	-	-	-	-
Полив = 30 мм (№45)		31,7	15,3	48,2	5,6	17,6	10,8	34,2	-	-	-	-	-	-
Полив = 40 мм (№45)		32,2	13,4	41,6	7,9	24,5	10,9	33,9	-	-	-	-	-	-
Контроль (№60)		11,7	4,9	41,9	4,0	34,1	2,8	24,0	-	-	-	-	-	-
Полив = 30 мм (№60)		32,5	16,8	51,6	8,3	25,5	7,4	22,9	-	-	-	-	-	-
Полив = 40 мм (№60)		38,8	16,2	41,7	7,3	18,8	15,3	39,5	-	-	-	-	-	-

Примечание. Прочерк (-) – укосов не производилось



Отношения между степенью иссушения и возвратом продукции, чистым возвратом и стоимостью продукции и оросительной системы



Число поливов в сезон как функция действия подвижности воды в зоне корневой системы

Рис. 9. Показатели эффективности орошения: а – отношения между степенью иссушения и возвратом продукции, чистым возвратом и стоимостью продукции и оросительной системы; б – число поливов в сезон как функция действия подвижности воды в зоне корневой системы.

Водный режим почв низкой поймы. В притеррасье, как правило, превалирует торфообразование.Торфяные почвы можно использовать под сельскохозяйственные угодья только после осушения. Рассмотрим их водный режим на примере естественного

дренированного болота "Караколь", находящегося в пойме р.Чулыма и являющегося аналогом расположенных там же объектов осушения. Водный режим торфяных почв естественно дренируемого болота неблагоприятен для возделывания культурных растений (рис. 10). Для неосушенных торфяных почв характерно незначительное , по сравнению с осушаемыми, влагонакопление в зимний период, что определяется меньшей степенью их промерзания. Нижняя часть профиля всегда переувлажнена и служит резервом для зимнего перераспределения влаги. В формировании водного режима неосушенного болота определяющая роль принадлежит грунтовым водам. В начале вегетационного периода они стоят у поверхности почвы, и почвенный профиль практически до июля находится в переувлажненном состоянии. Оптимальная влажность в неосушенной торфяной почве (0,7 ППВ) отмечается лишь в августе. В условиях засушливого вегетационного периода 1982 г. на неосушенном болоте происходит значительное снижение УГВ уже в июне-июле, что приводит к уменьшению влагозапасов в слое 0-60 см от ПВ до 0,85 ПВ. В дальнейшем в течение 38 дней (24% периода вегетации) влажность почвы поддерживается в пределах 0,7-0,85% ПВ. В остальные исследуемые годы в неосушенных торфяных почвах преобладает застойный тип водного режима. Длительное весеннее переувлажнение почв определяет необходимость их осушения для сброса избыточной влаги весной и подготовки почвы к срокам весеннего сева.

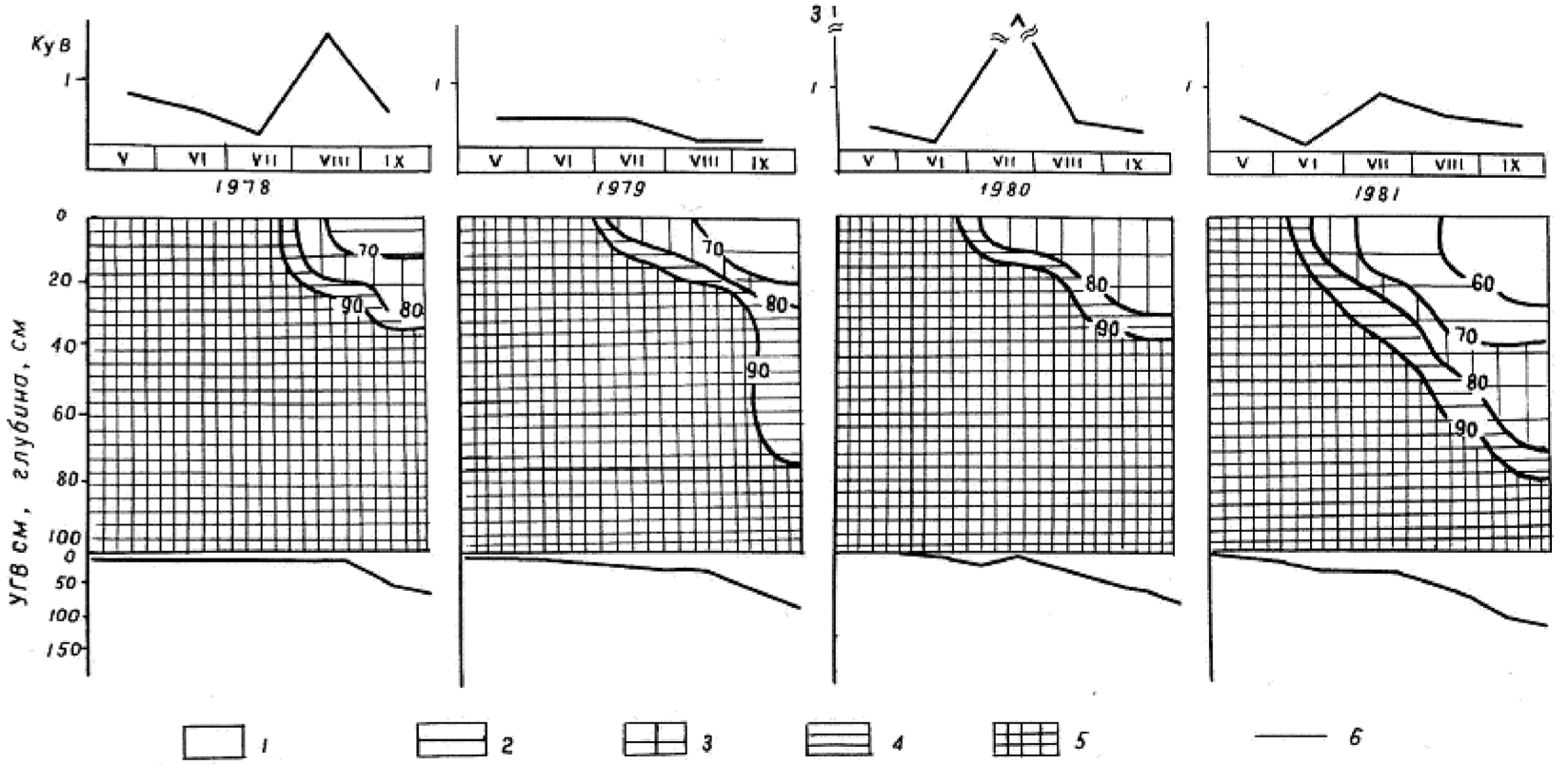


Рис. 10. Динамика влажности в неосушенных торфяных почвах поймы р.Чулыма (объект "Караколь"); 1 - менее 60% ПВ; 2 - 60-70% ПВ; 3 - 70-80% ПВ; 4 - 80-90% ПВ; 5 - более 90% ПВ; 6 - уровень грунтовых вод

Водный режим торфяных почв поймы р.Чулыма, осушаемых открытыми каналами и закрытым дренажем. Рассмотрим водный режим данных почв за 1977-1979 гг., характеризующиеся обеспеченностью осадков соответственно 92, 26 и 50% (табл. 32). Объекты осушения находились в 1977 и 1978 гг. в одинаковых гидрологических условиях, но в 1979 г. осушаемые открытыми каналами торфяные почвы были затоплены в продолжении 9-19 дней (16 мая - 4 июня). Это оказало определенное влияние на водный режим почв - влагозапасы в них в 1979 г. были наибольшими (рис. 11).

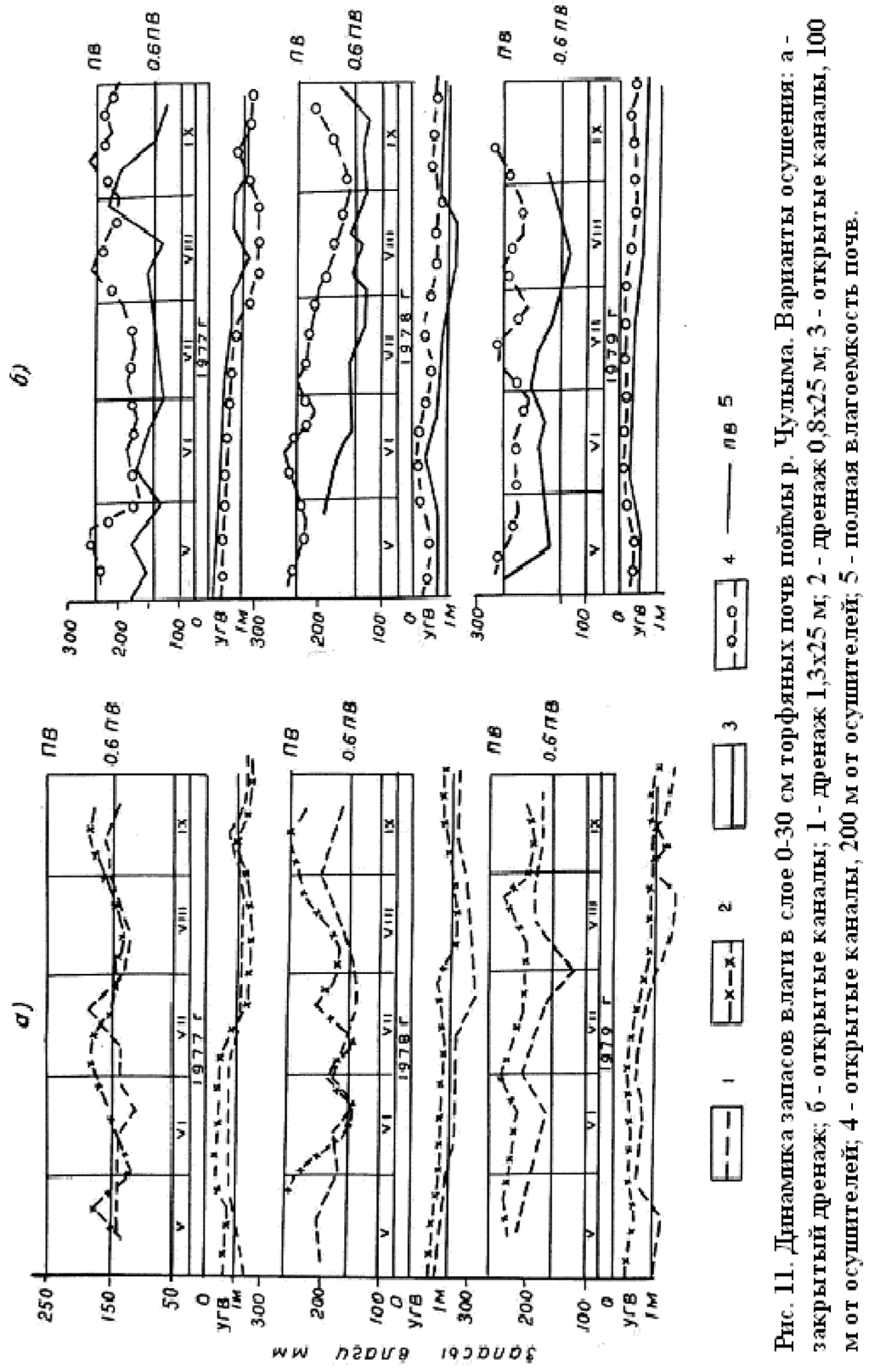


Рис. 11. Динамика запасов влаги в слое 0-30 см торфяных почв поймы р. Чулыма. Варианты осушения: а - закрытый дренаж; б - открытые каналы; 1 - дренаж 1,3х25 м; 2 - дренаж 0,8х25 м; 3 - открытые каналы, 100 м от осушителей; 4 - открытые каналы, 200 м от осушителей; 5 - полная влагоемкость почв.

Анализ водного режима осущаемых закрытым дренажем и открытыми каналами торфяных почв позволяет выделить следующие общие признаки, характерные для способов осушения: неравномерность (и даже контрастность) увлажнения верхнего 30-сантиметрового слоя, снижение влажности в середине вегетационного периода ниже предела 0,6 ПВ в то время как теоретически капиллярная кайма от УГВ, на основании исследований Н.А.Соколовской (1955), В.Ф.Шебеко (1959), В.П.Кравченко (1966), К.П.Лундина (1967), Е.П.Панова и К.Н.Шишкова (1971), должна находиться в отдельные декады в пределах корнеобитаемого слоя согласно приведенным данным УГВ (табл. 33). Однако динамика влажности почв свидетельствует о дефиците влаги. Изложенное позволяет сделать вывод о том, что УГВ может быть показателем работы осушительной системы, но не состояния увлажнения почв. Не касаясь далее данного вопроса, приведем определение Б.С.Маслова и И.В.Минаева (1985:31), на наш взгляд, наиболее адекватно отражающее суть осушительной мелиорации: "Норма осушения - количество воды, которое необходимо удалить с осушаемых земель, чтобы создать оптимальный для возделываемых культур водный режим почвы". Учитывая сказанное выше, можно дать следующее определение экологической нормы осушения - это количество воды, которое можно удалить с осушаемых земель, сохраняя экологическое равновесие в почвах и обеспечивая влагопотребление сельскохозяйственных культур, приспособленных к данным почвенным условиям.

Вместе с тем, водный режим торфяных почв, осушаемых разными способами, имеет и свои особенности. При осушении открытыми каналами создаются большие (по сравнению с закрытым дренированием) влагозапасы как в корнеобитаемом, так и во всем метровом слоях. Так, в середине осушительной карты (вариант 200 м от канала) влажность слоя 0-50 см находится в пределах 0,85 ПВ в течение 90% вегетационного периода. Причем переувлажненность отмечается в слое 0-50 см, а в слое 50-100 см в течение 46,4% периода вегетации влажность почв имеет значение ниже 0,6 ПВ. Поверхностное переувлажнение объясняется гидрологическими условиями объекта. За период исследований осушаемый участок трижды затапливался паводочными водами 15-процентной обеспеченности. Подобная закономерность в динамике водного режима по глубине почвенного профиля характерна и для торфяных почв в варианте 100 м от канала. Одноко в последнем случае в почвах преобладает влажность в пределах 0,6-0,7 и 0,70-0,85 ПВ.

Таким образом, если подходить к оценке влажности почв с позиций влагообеспеченности произрастающих на объекте осушения многолетних трав, то согласно исследованиям многих авторов [Нестеренко, Симонов, 1969; Закржевский, 1977 и др.] оптимальная влажность 0,70-0,85 ПВ в течение 40% вегетационного периода отмечается в 100 м от осушителей, в 200 м почвы переувлажнены даже для данных культур. За 9 лет эксплуатации объекта урожаи многолетних трав составляли 10-20 ц/га сена (посев производственный), в 1977 г. был получен урожай озимой ржи 60 ц/га зеленой массы, в 1978-1979 гг. - горохово-овсяной смеси - до 150 ц/га зеленой массы. В общем на осушаемых открытыми каналами торфяных почвах урожаи были небольшими. Заслуживает внимания и состояние почвенного покрова данного объекта. Постоянное переувлажнение, плохой уход за состоянием каналов и несвоевременные укосы трав способствовали возникновению процесса вторичного заболачивания.

С экологических позиций данное явление можно оценить как возвращение системы агробиоценоза в первоначальное состояние - болотную экосистему. Мелиоративное воздействие оказалось недостаточным для разрушения сложившейся под влиянием внешних факторов природной экосистемы. Однако надо полагать (и далее мы постараемся это обосновать), что направление развития новой экосистемы все же будет особым, так как осушение внесло определенные изменения в ход природных процессов.

Таблица 32

Метеорологические условия в годы исследований, ГМС Зырянское

Метеорологические характеристики	Годы	Месяц						
		X-IV	V	VI	VII	VIII	IX	V-IX
Атмосферные осадки, мм/ % обеспеченности	1973	181,0 18,0	64,3 25,0	117,3 13,4	50,7 29,7	9,8 95,7	19,0 93,5	261,1 49,0
	1974	159 51,6	61,2 31,8	34,5 63,5	26,3 72,4	65,9 55,9	68,3 4,8	256,2 51,0
	1975	156,8 55,2	84,4 4,5	24,5 86,5	27,0 72,0	46,2 77,0	21,4 82,8	203,5 85,0
	1976	147,9 69,9	19,2 91,0	112,5 17,8	38,7 51,0	57,6 66,4	27,8 58,0	255,8 51,4
	1977	153,5 60,6	15,5 94,0	16,6 94,8	9,1 93,0	113,6 11,0	39,4 33,8	194,2 92,8
	1978	136,8 82,0	74,5 11,0	54,7 42,0	39,1 51,0	97,0 22,0	47,4 20,2	312,7 26,2
	1979	185,3 12,8	53,8 46,0	57,5 40,4	24,4 75,5	100,5 20,0	23,2 75,4	259,4 50,2
	1980	151,9 53,8	26,8 82,8	26,9 80,0	100,6 6,5	11,9 94,8	14,4 97,4	180,6 99,0
	1981	116,2 94,6	38,9 67,8	17,1 94,5	184,4 4,0	37,9 83,1	14,2 99,1	292,2 35,0
	1982	158,6 50,0	48,6 53,0	12,4 96,3	67,6 23,8	43,7 79,9	22,4 84,0	194,7 92,3
Температура воздуха, °С/% обеспеченности	1973	-9,3 77,0	7,9 64,0	16,1 42,8	18,0 62,8	16,3 9,0	10,5 6,5	13,8 19,8
	1974	-9,8 42,2	9,0 30,2	14,5 80,5	17,9 65,0	16,1 13,1	8,4 58,7	13,2 47,2
	1975	-10,1 51,6	7,1 80,1	14,6 77,8	19,4 22,8	14,6 46,8	9,6 28,6	13,1 53,5
	1976	-10,4 58,8	8,9 35,0	17,9 11,0	18,1 60,9	14,2 62,0	9,3 38,0	13,7 23,6
	1977	-12,8 85,6	8,9 35,0	18,1 6,8	12,9 95,3	8,8 95,5	6,1 86,5	11,0 94,8
	1978	-8,4 7,2	6,9 83,5	16,7 30,8	20,0 21,0	12,7 87,0	9,3 38,0	13,1 53,5
	1979	-9,9 46,0	8,4 52,0	17,5 17,5	20,1 19,5	14,5 50,4	10,0 17,5	14,1 13,5
	1980	-10,2 50,0	8,4 52,0	16,7 30,8	18,0 62,8	15,3 32,0	9,8 23,0	13,6 26,4
	1981	-7,2 3,0	10,6 8,7	18,2 5,0	16,0 88,5	16,3 8,8	8,8 50,0	14,0 15,0
	1982	-10,4 50,0	10,1 12,0	18,0 8,1	17,9 65,0	15,4 30,1	8,5 56,1	13,2 15,0
Коэффициент увлажнения	1973	-	0,8	1,2	0,6	0,1	0,3	0,6
	1974	-	0,7	0,3	0,2	0,9	2,3	0,7
	1975	-	1,2	0,2	0,2	0,6	0,5	0,5
	1976	-	0,2	1,1	0,5	0,8	0,5	0,6
	1977	-	0,2	0,1	0,1	2,6	0,7	0,5
	1978	-	1,2	0,5	0,5	2,9	1,1	1,0
	1979	-	0,8	0,6	0,2	1,7	0,4	0,7
	1980	-	0,3	0,3	1,3	0,2	0,2	0,4
	1981	-	0,4	0,1	3,0	0,5	0,3	0,7
	1982	-	0,6	0,1	0,8	0,6	0,4	-

Примечание. Прочерк (-) – нет данных.

Таблица 33

Глубина грунтовых вод в торфяных почвах (пойма р.Чулым), см

Способ осушения	Варианты	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
		Декада														
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1977 год																
Открытые каналы	100 м	35	36	36	35	45	57	61	70	83	ИЗ	88	94	108	102	94
	200 м	61	55	51	49	59	62	72	81	106	116	104	94	100	75	63
Дренаж	1,3х25 м	133	122	108	96	96	94	97	105	119	120	124	106	79	106	124
	0,8х25 м	72	71	56	55	58	66	80	103	114	118	125	111	98	108	116
1978 год																
Открытые каналы	100 м	88	82	59	42	63	81	86	91	103	112	105	88	81	93	98
	200 м	41	79	42	26	34	46	54	35	48	58	79	103	59	68	75
Дренаж	1,3х25 м	70	74	87	104	106	113	111	127	134	138	139	131	126	116	121
	0,8х25 м	58	56	91	72	91	93	91	64	101	104	100	94	91	94	106
1979 год																
Открытые каналы	100 м	53	52	35	23	29	25	27	34	46	48	55	60	65	70	72
	200 м	32	27	17	8	6	9	19	34	39	36	33	32	54	57	58
Дренаж	1,3х25 м	106	122	66	60	62	56	62	94	106	119	124	98	94	115	128
	0,8х25 м	31	52	23	40	43	41	57	86	93	95	101	75	86	101	108
1973 - 1979 год																
Открытые каналы	100 м	62	52	40	33	43	53	58	67	80	89	93	87	95	100	100
	200 м	53	54	38	30	34	45	52	61	74	80	84	83	87	89	88
Дренаж	1,3х25 м	103	106	87	87	88	88	90	109	120	126	129	112	100	112	124
	0,8х25 м	54	60	57	58	64	67	76	84	103	106	108	93	92	101	110

Как уже отмечалось выше, объект осушения дренажем обвалован дамбой и, следовательно, не подвержен затоплению паводочными водами. Только весенний подъем УГВ и таяние снега вызывают насыщение почвенного профиля влагой. Быстрое снижение УГВ (см. табл.33) определяет полную зависимость влажности почв от атмосферных осадков. Водный режим торфяных почв объекта осушения польдерного типа приобретает особенности, отличающие его от режима подобных почв, осушаемых другими способами. Прежде всего это контрастность водного режима в метровом почвенном профиле - от ПВ до влажности, близкой к влажности завядания растений, в том числе во влажные по осадкам годы (рис. 12).

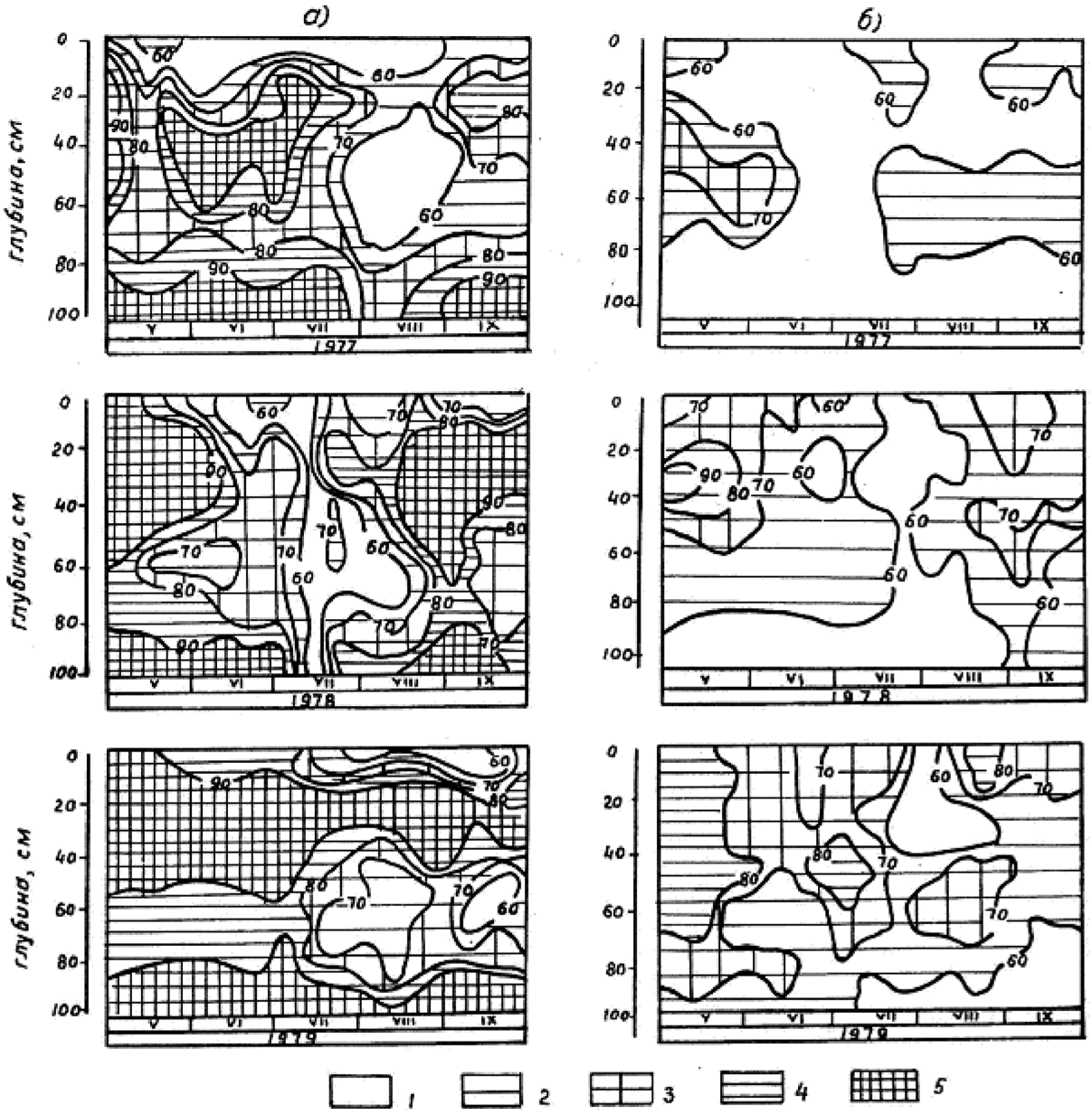


Рис. 12. Динамика влажности в торфяных почвах, осушенных дренажем (1977-1979 гг), обеспеченность осадков соответственно 92 - 26 - 50 %. Варианты дренажа: а - 0,8х25 м; б - 1,3х25м; 1 - влажность менеее 60% ПВ; 2 - 60-70 % ПВ; 3 - 70-80% ПВ; 4 - 80-90% ПВ; 5 - более 90% ПВ.

По сравнению с естественно дренируемым болотом в осушаемых почвах происходит существенное снижение влагозапасов. Кроме средних (за 4 года) величин запасов влаги на (рис.13) даны абсолютные за все годы месячные экстремумы: максимумы и минимумы. Линия средних значений запасов влаги в слое 0-60 см при варианте осушения дренажем 1,3 х 25 м в течение трех месяцев характеризуется значениями в пределах 0,6-0,7 ПВ. Большие величины влагозапасов отмечаются при варианте 0,8 х 25 м.

В целом уменьшение влагозапасов в осушаемых торфяных почвах произошло приблизительно на 30% от первоначального состояния природной системы - неосушенного болота. На варианте дренажа 1,3 х 25 м средние влагозапасы, минуя предел оптимальной влагообеспеченности, переходят за линию недостаточной влажности (см. рис. 13). Можно, следовательно, утверждать, что данное резкое изменение состояния экосистемы вызовет нарушение биологического равновесия в торфяных почвах, и прежде всего произойдет смена анаэробной микрофлоры на аэробную, что приведет к увеличению активности процесса минерализации.

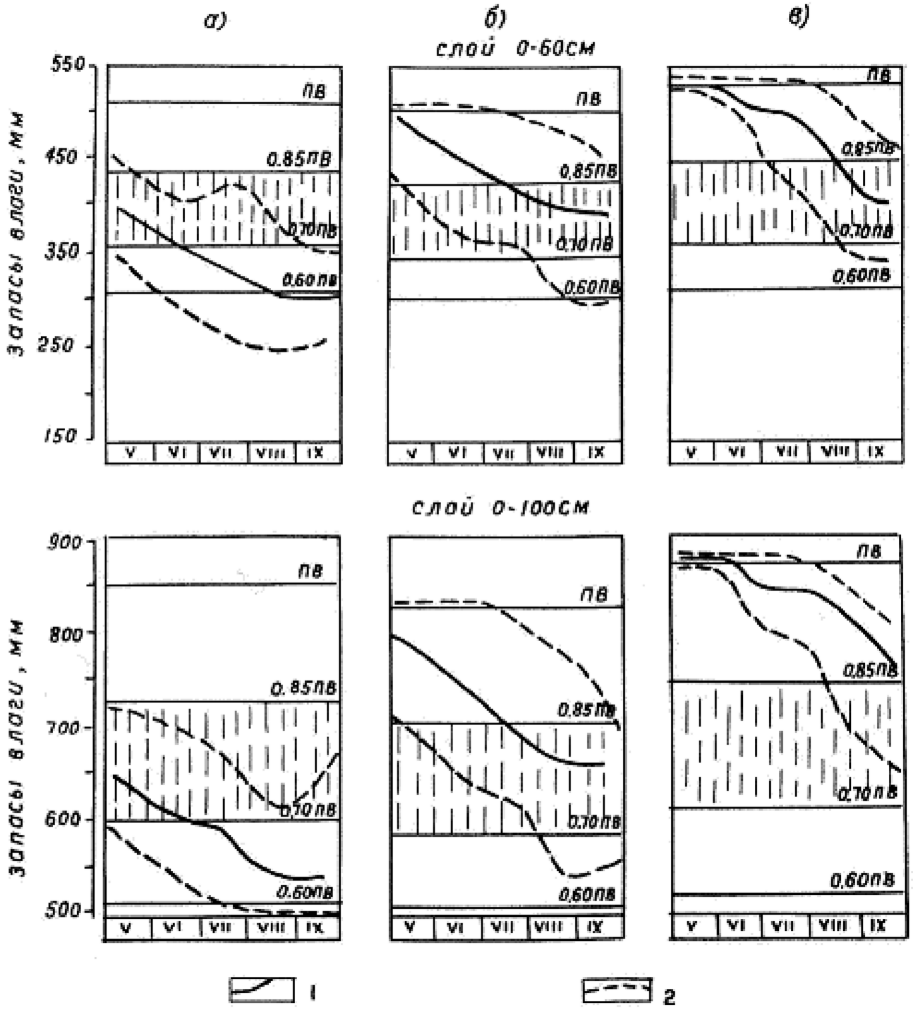


Рис. 13. Динамика послойных запасов влаги в торфяных почвах поймы р. Кпи. Варианты: ф - 1,3х25 м; б - 0,8х25 м; в - естественно-дренируемое болто "Караколь" (1979-1982) гг); 1 - среднее значение запасов влаги, мм; 2 -2 экстремальные значения запасов влаги, мм.

Заслуживает внимания и отмечающийся факт связи между уровнем урожая и влагообеспеченностью почв. Проанализируем по лученные урожаи многолетних трав на торфяных почвах, осушаемых закрытым дренажем (табл.34). Наибольшие урожаи были

получены в 1978, 1979 и 1982 гг., характеризующихся по обеспеченности осадков соответственно 26, 50 и 92% и ГТК соответственно - 1,36, 1,26 и 0,96. Таким образом, высокие урожаи были получены и в сухой год с неблагоприятным водным режимом (50 и 36% от длительности вегетационного периода соответственно вариантам 1,3 х 25 м и 0,8 х 25 м влажность была ниже 0,6 ПВ) и во влажный год (влажность была ниже 0,6 ПВ только на варианте 1,3 х 25 м в течение 9% периода вегетации). Согласно полученным результатам среднее значение запасов влаги в слое 0-60 см в почвах на варианте дренажа 1,3 х 25 м в начале августа снижается за предел 0.7 ПВ (см. рис. 13). Следовательно, недостаточное увлажнение торфяных почв должно оказывать влияние на урожай 2-го укоса. Однако из четырех лет только в 1980 и 1982 гг. 2-ой укос был соответственно на 12 и 16% меньше по сравнению с 1-ым укосом. При статистической обработке результатов были рассчитаны параметры влияния на урожай вариантов повторений и случайностей, последний показатель характеризуется высокими значениями (табл. 35).

Проведенный анализ позволяет предположить, что увеличение урожаев происходит не только за счет оптимизации водного режима, но и вследствие изменения других почвенных режимов, высвобождающих дополнительные ресурсы, в незначительной мере зависимые от влагообеспеченности почв. Это может быть связано, прежде всего, с увеличением биологической продуктивности почв, вследствие создания окислительной среды и условий разложения органического вещества.

Водный режим заиленных торфяных почв поймы р.Оби, осушаемых открытыми каналами. Гидрогеологические условия (ежегодное и продолжительное затопление, высокая скорость паводочных вод) определяют формирование в пойме р.Оби заиленных торфяных почв, отличающихся по своим водно-физическим свойствам от аналогичных, но не заиленных почв поймы р.Чулыма. В проекте осушения расчетным путем было определено расстояние между каналами в 120 м. На опытном участке, как указывалось выше (см. табл.16), были построены дополнительные варианты осушения с расстояниями между каналами в 60, 75, 90, 120 и 150 м. Рассмотрим водный режим в годы 50- и 99-процентной обеспеченности осадков (соответственно 1979 и 1980) (табл. 36). Продолжительность затопления составляла 37-47 и 4 дня, даты схода воды - 3-13 июня и 30 апреля. Водный режим заиленных торфяных почв в отличие от всех рассмотренных ранее характеризуется замедленным оттоком воды из метрового слоя (рис. 14). Особенно это относится к варианту осушения с расстоянием между каналами в 120 и 150 м. В средний по осадкам год влагозапасы в слое 0-50 см на варианте с расстоянием между осушителями 60 м снижаются за предел 0,6 ПВ. В сухой год подобная влагообеспеченность отмечалась уже на всех (кроме 120 и 150-метровых) вариантах. Кроме того, на вариантах с расстояниями между осушителями в 60, 75 и 90 м влажность ниже 0,6 ПВ поддерживалась соответственно в течение 59, 40 и 46% от общей продолжительности вегетационного периода.

Таким образом, поддержание влажности торфяных почв в определенном интервале представляет собой довольно трудную задачу. В разные годы происходит скачкообразное изменение влагозапасов от состояния полного насыщения до предела влажности разрыва капилляров. Если оценить степень мелиоративного воздействия, то среди всех исследуемых почв торфяные заиленные почвы занимают самое благоприятное положение с позиций сохранения влагообеспеченности в оптимальном диапазоне в течение продолжительного времени. Это объясняется прежде всего их генетическими свойствами - низкими коэффициентами фильтрации и водоотдачи. Урожай сена многолетних трав в среднем за три года составил по вариантам 60, 75, 90, 120 и 150 м соответственно 57, 55, 43 и 43 ц/га.

Таблица 34

Урожайность сена многолетних трав на почвах, осушаемых закрытым дренажем, пойма р. Чулыма, ц/га

Варианты	1978				1979				1980				1981			1982		
	Укосы			Сумма	Укосы			Сумма	Укосы			Сумма	Укосы		Сумма	Укосы		Сумма
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2		1	2	
	17.05	22.07	13.09		18.06	19.07	13.09		19.06	30.07	10.09		18.06	12.08		25.06	24.07	
Торфяные почвы																		
0,8х25	26,5	27,7	14,5	68,7	26,1	23,2	25,5	74,8	32,9	22,3	9,4	64,6	37,6	37,1	74,7	34,1	30,2	64,3
1,1х25	27,1	35,5	17,5	80,1	29,8	27,0	44,0	100,8	32,0	28,5	11,8	72,3	23,8	44,2	68,0	50,1	42,2	92,3
1,3х25	34,3	45,4	20,7	100,5	35,8	30,4	41,6	107,8	29,5	26,9	9,1	65,5	30,1	29,2	59,3	40,4	43,2	87,2
$НСР_{0,95}$	8,7	15,7	6,6	21,0	13,1	9,8	16,6	29,8	7,2	6,5	3,8	10,1	15,9	18,8	16,5	-	-	-
Точность опыта,%	-	-	-	-	16,2	12,0	15,2	10,9	8,0	7,7	11,3	4,8	11,5	13,8	6,4	-	-	-
Дерново-глееватые почвы																		
0,8х16	35,5	16,8	16,0	68,3	28,1	22,2	11,8	62,3	27,7	14,3	4,0	46,0	15,7	20,8	36,5	31,4	54,7	86,1
1,1х16	32,5	41,4	32,8	106,7	20,4	36,6	35,6	92,6	42,8	25,5	14,6	82,9	30,0	44,7	74,7	39,5	46,6	86,1
1,3х16	30,5	21,9	12,0	64,5	24,1	27,1	17,6	68,8	28,4	11,7	3,8	43,9	28,0	30,3	58,3	24,5	18,6	43,0
1,6х16	33,6	53,6	13,0	100,2	19,2	29,1	19,2	67,5	36,6	21,0	6,6	64,2	32,4	34,2	66,6	27,7	32,4	59,8
НСР0,95	8,9	9,5	7,6	15,7	3,6	12,9	7,6	18,1	3,4	4,1	3,3	7,7	-	-	-	8,1	14,8	14,3
Точность опыта, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	12,9	7,0

Примечание. Прочерк (-) – не рассчитывалось.

Таблица 35

Параметры математической статистики при обработке результатов урожаев многолетних трав на торфяных почвах

Укосы	Влияние вариантов, %			Влияние повторений, %			Влияние случайностей, %		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
I	57,7	44,7	53,4	16,6	3,3	18,0	25,7	52,0	18,6
II	64,6	52,4	44,8	1,6	1,3	10,9	33,8	46,3	44,3
III	63,3	43,6	63,5	3,1	2,5	0,3	33,6	53,9	36,1
Общий урожай	70,5	52,7	57,2	4,1	0,2	10,4	25,4	47,0	32,4

Таблица 36

Метеорологические условия в годы исследований (ГМС, М.Брагино)

Метеорологические характеристики	годы	Месяцы						
		X-IV	V	VI	VII	VIII	IX	V-IX
Атмосферные осадки, мм	1979	182.5	49.6	75.9	33.4	110.9	46.2	316.0
	1980	171.0	26.0	45.4	40.1	21.4	43.9	176.8
	1981	128.6	34.7	8.4	68.4	30.8	27.0	172.3
Температура воздуха, ° С	1979	10.5	7.7	17.0	20.0	14.1	9.9	13.7
	1980	10.3	8.5	16.4	17.3	14.7	9.8	13.3
	1981	7.7	9.8	17.7	16.0	16.3	9.0	13.8
Коэффициент увлажнения	1979	-	0.8	0.9	0.4	2.1	1.0	1.0
	1980	-	0.3	0.5	0.6	0.4	0.8	0.5
	1981	-	0.3	0.1	1.3	0.6	0.6	0.4

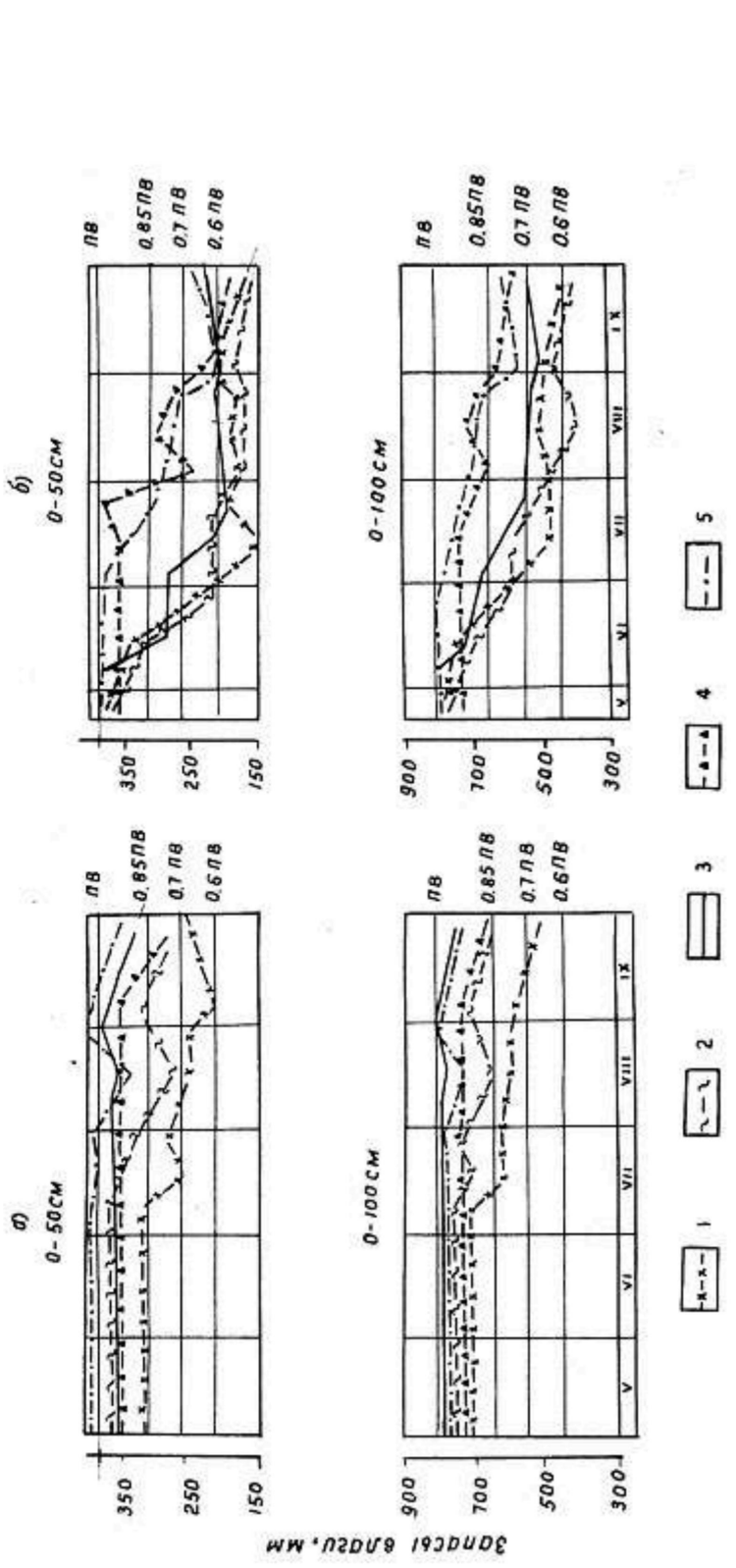


Рис. 14 Динамика запасов влаги в торфяных почвах
а/1979 г.; б/ 1980 г.
I - расстояние между осушителями 60 м; 2 - тоже 75 м; 3 - тоже 90 м;
4 - тоже 120 м; 5 - тоже 150 м

Водный режим дерново-глееватых почв поймы р.Чулыма, осушаемых закрытым дренажем. Весной дерново-глееватые почвы низкой поймы находятся в состоянии капиллярного влагонасыщения, а в отдельные годы в состоянии, близком к полной влагоемкости. Ранее отмечалось, что дерново-глееватые почвы перед началом промерзания насыщаются влагой за счет атмосферных осадков осеннего периода до 0,60-0,85 ПВ. Значительное увеличение влажности данных почв происходит вследствие фильтрации в дрены талых снеговых вод. Это важная приходная часть водного баланса для почв польдерных систем, не подвергающихся затоплению паводочными водами.

Следует отметить, что наличие процесса фильтрации влаги сквозь мерзлую почву к дренам и, следовательно, весеннего пополнения запасов влаги, у многих исследователей вызывает сомнения. В связи с этим высказывается мнение [Бишов, 1968, 1969; Логинов, 1974; Дальков, Безгубенко, 1979; Логинов, Мухометзянов, 1981], что закрытый дренаж мало пригоден в Западной Сибири. Вместе с тем, исследованиями Л.Н.Степанова (1957), И.В.Разорвина (1979), А.Н.Кайгородова (1981), Б.С.Маслова и В.К.Махлаева (1982) установлено, что водопроницаемость мерзлых почв обусловлена наличием свободной порозности. Это подтверждается и нашими многолетними исследованиями пойменных почв [Инишева, Махлаев, 1985].

Исследования, проведенные В.П.Панфиловым (1980) на суглинистых черноземных почвах, также показывают, что при влажности почв перед промерзанием меньше ПВ весной слабовлажные, рыхлосложенные почвы хорошо впитывают талые воды и практически полностью их аккумулируют, при этом запасы влаги достигают значений ППВ. Более того, проведенный нами опыт с осенним влагозарядковым поливом показал, что такая почва утрачивает способность впитывать талые воды, которые при этом полностью выпадают из водного баланса почв.

Весеннему влагонакоплению в дерново-глееватых почвах благоприятствуют и самые высокие в данный период УГВ (15-84 см). Однако влияние грунтовых вод на водный режим дерново-глееватых почв является кратковременным: уже в мае происходит резкое снижение УГВ до 2 м и глубже (таблица 39), в то время как на торфяных почвах данного объекта УГВ длительное время находится в зоне капиллярного подпитывания и в период вегетации глубже 1,0-1,5 м не снижается. Таким образом, уже в начале июня влажность в дерново-глееватых почвах снижается за 0,7 ПВ (рис. 15).

Рассмотрим водный режим исследуемых почв разной степени осушения в сухой и влажный годы (рис. 16). Во влажный год общая увлажненность почвенного профиля выше. Однако и при выпадении атмосферных осадков больше среднемноголетней нормы в отдельные месяцы вегетационного периода влажность почв продолжает снижаться до 0,6 ПВ и ниже. Необходимо также иметь в виду, что отмеченное снижение влажности до влажности разрыва капилляров происходит по всей глубине метрового профиля. Подобная влажность в сухие годы в слое 0-30 см дерново-глееватых почв может сохраняться на протяжении 73% периода вегетации, а в слое 50-100 см - до 88% длительности данного периода.

Результаты анализа водного режима осушаемых дерново-глееватых почв свидетельствуют о значительном их переосушении. При проектировании предполагалось, что средняя норма осушения за вегетационный период будет равна 1 м. Однако данное расчетная норма осушения вызвала резкое снижение УГВ и как результат - уменьшение влагозапасов до критических пределов (ниже 0,5 ПВ) применительно и к многолетним травам, произрастающим на польдере согласно проекту, и к экологическому состоянию почв в целом. Морфологически это выражается в уплотнении и одновременном диспергировании почв (почва "пылит"). Во всем почвенном профиле исчезают признаки оглеения. Подобное неблагоприятное состояние влажности на осушаемых дерново-глееватых почвах в условиях польдера может быть устранено в результате их дождевания или применением шлюзования.

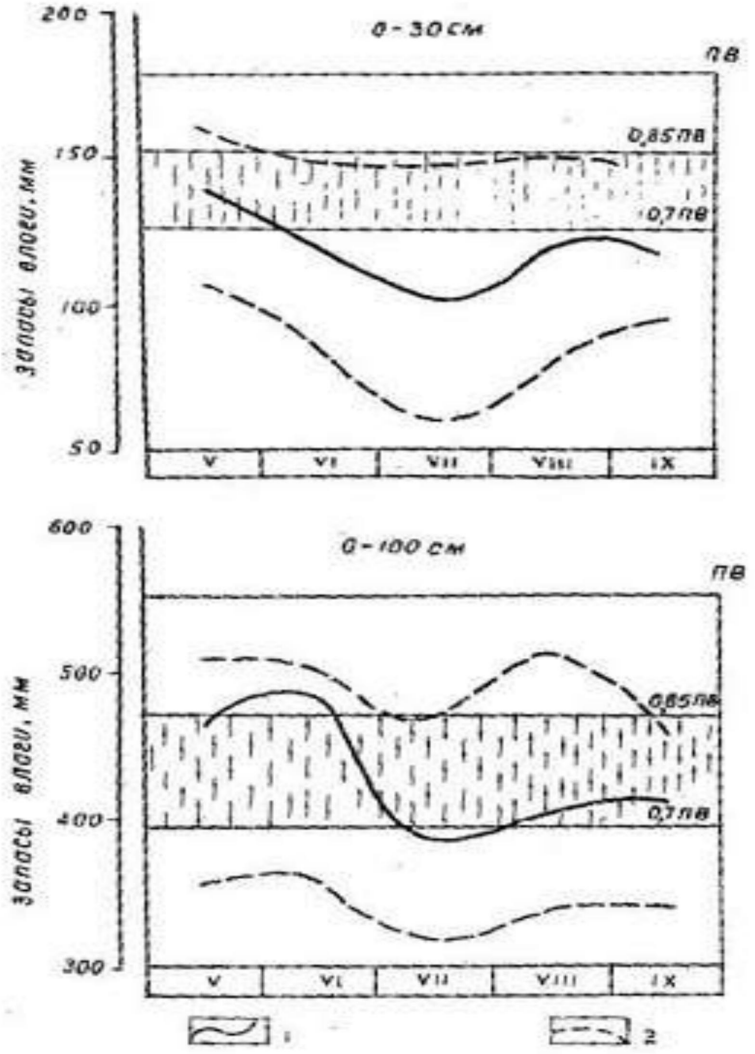


Рис. 15. Динамика послойных запасов влаги в осушаемых дерново-глееватых почвах поймы р. Чулыма (1977-1982 гг.): 1 - среднее значение запасов влаги, мм; 2 - экстремальные значения запасов влаги, мм.

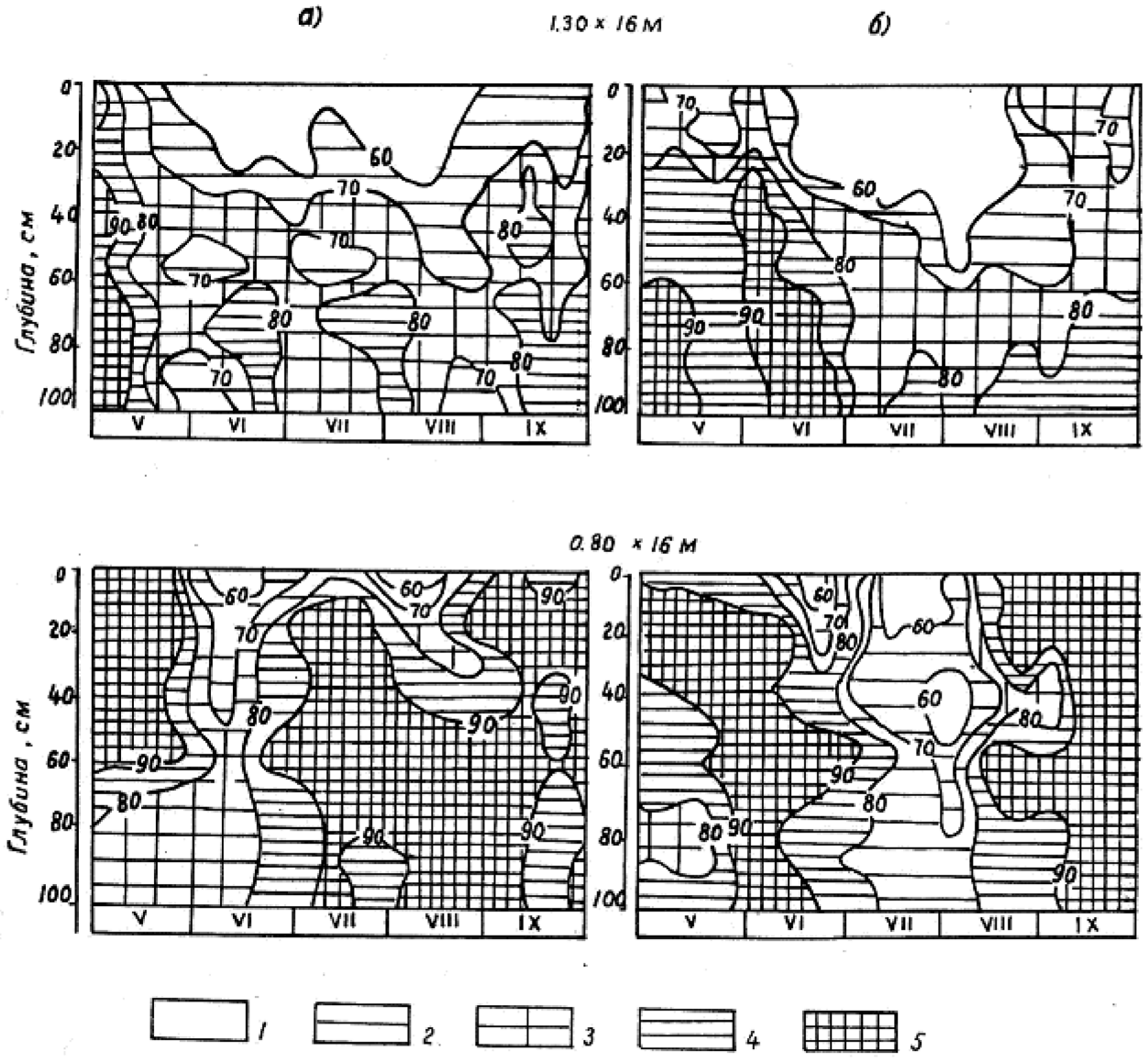


Рис. 16 Динамика влажности в дерново-глееватых почвах, осушенных дренажем.

Годы: а) влажный (1981) б) сухой (1982), обеспеченность осадков соответственно 35 и 92 %
1) менее 60 % ПВ; 2) 60-70 %; 3) 70-80 %; 4) 80-90 %; 5) более 90 % ПВ

Оценка воздействия орошения и осушения на водный режим почв пойм. Проведенный анализ литературного и эмпирического материала позволяет сформулировать основные положения современного состояния гидротехнической мелиорации пойменных почв. Генетически обусловлено, что почвы пойм в природных условиях сформировали профиль, характеризующийся высоким содержанием гумуса, глубоким (до 100-120 см) его проникновением, благоприятной, но непрочной оструктуренностью. Основным природным фактором, определяющим равновесие пойменной природной экосистемы, являются паводочные воды, которые привносят плодородный наилок и создают на определенный период гидроморфный режим пойменных почв. При подобном водном режиме и ограниченных тепловых ресурсах южно-таежной подзоны, образующийся гумус представляет собой неустойчивые молекулярные комплексы, которые легко разрушаются при неблагоприятном сочетании внешних факторов. Отсюда структура пойменных почв недостаточно прочна,

подвержена быстрому разрушению, что и отмечается нашими исследованиями, и выводами других авторов [Алексашин, Егоров, 1974].

Неустойчивость и непрочность структуры пойменных почв, характеризующих их плодородие, определяется и фактором времени. Пойменные почвы – молодые почвы и состояние климакса, которое характеризует устойчивость экосистемы в целом, для них не характерно вследствие условий почвообразования. Эти причины определяют свойства пойменных почв и объясняют необходимость бережного обращения с ними.

Гидротехнические мелиорации изменяют один из основных параметров, определяющих устойчивость равновесия протекающих в пойменных почвах процессов, - водный режим. Данные изменения имеют различную степень: открытые каналы связаны с тем меньшими изменениями, чем больше расстояния между ними, закрытый дренаж существенно изменяет водный режим. Однако на всех мелиоративных системах данные изменения происходят преимущественно в первой половине вегетационного периода. При осушении дренажем уже в начале июня влажность характеризуется значениями меньше 0,6 ПВ, в то время как на системах с открытыми каналами данная влажность устанавливается спустя 1,0-1,5 месяца. Но в почвах всех мелиоративных систем отмечается дефицит влажности, различающийся по величине и длительности воздействия. То есть основное различие в воздействии мелиоративных систем отмечается в интенсивности сброса весенних излишков влаги, которые складываются из суммы паводочных, талых снеговых и грунтовых вод. В свою очередь, данная влага ежегодно создает условия для повторения генетического цикла пойменных почв - затопления - независимо от способа мелиоративного воздействия. Однако, согласно приведенным выше данным по урожайности многолетних трав наиболее благоприятные условия произрастания были созданы на польдере с осушением закрытым дренажем (до 129 ц сена). Показатели экономической эффективности в виде срока окупаемости рассмотренных мелиоративных систем отличаются в незначительной степени (табл.37). Таким образом, основываясь на водном режиме почв и показателях урожая многолетних трав, можно предположить, что наиболее благоприятным мелиоративным воздействием для пойменных почв может быть строительство польдерных систем с осушением закрытым дренажем. Но рассмотренные экономические показатели еще не свидетельствуют, что почва в системе агробиоценоза продолжает оставаться в состоянии экологического равновесия. Выявить направленность и степень изменения почвенных режимов в результате мелиоративного воздействия - наиважнейшая задача для сохранения плодородия почв пойм и равновесия пойменной экосистемы в целом.

Таблица 37

Показатели экономической эффективности осушения пойменных почв.

Мелиоративная система	Варианты	Сравнительная экономическая эффективность, руб./га	Коэффициент общей экономической эффективности	Срок окупаемости, лет
Открытая сеть ("Верхние луга" Шегарского района)	60	88,3	0,15	6,7
	75	83,7	0,15	6,7
	90	85,5	0,15	6,7
	120	31,5	0,12	8,4
	150	33,8	0,12	8,4
Закрытый дренаж ("Верхний луг" Зырянского района)	25x0,80	50,0	0,18	5,6
	25x1,10	107,6	0,71	4,8
	25x1,30	131,9	0,22	4,5
	16x0,8	-25,6	0,14	7,1
	16x1,10	77,0	0,19	5,3
	16x1,30	-77,8	0,11	9,1
	16x1,60	-19,8	0,14	7,1

Водный режим определяет соотношение в почвах воды и воздуха, следовательно, и протекание физико-химических и биологических процессов в почве. Это, вероятно, и является причиной того, что мелиоративное воздействие на почву длительное время оценивалось только по изменению водного режима.

Исследования водного режима почв показывают, что при осушении происходит существенное снижение влажности почв. Надо полагать, что еще более существенное влияние осушение окажет на другие почвенные режимы, о чем далее пойдет речь.

На основании наших исследований и работ многочисленных авторов [Добровольский, 1968; Белковский, 1979; Степанов, Стельмах, 1980] следует вывод о необходимости строительства на пойменных землях (равно в обвалованном и необвалованном вариантах) только систем с двусторонним регулированием водного режима. В весеннее половодье излишки воды должны сбрасываться в водоприемник, а во время летней межени - возвращаться в почвы. В условиях Западно-Сибирского региона отвод избыточных вод может проводиться только системами интенсивного осушения - закрытым дренажем, так как длительность вегетационного периода здесь ограничена.

Орошение пойменных почв характеризуется своими особенностями: исследования показывают, что высокая фильтрационная способность почв определяет образование стока, особенно при наложении на полив атмосферных осадков. Поэтому для поддержания генетически обусловленного биологического равновесия в данных почвах наиболее эффективными будут частые поливы невысокими поливными нормами, а для сельскохозяйственных культур не исключается и импульсное дождевание, необходимость которого обосновывается, например, Б.И.Легенченко (1983). В результате частых поливов будет устранено такое нежелательное следствие мелиорации, как контрастность водного режима, проявлению которой способствует высокая испаряющая способность пойменных почв.

Таким образом, применением орошения должна достигаться не только высокая урожайность культур, но и соблюдаться экологическое равновесие почв, тем более, что при достижении определенных уровней урожаев дальнейший их рост не сопровождается повышением водопотребления растений. Особого внимания заслуживает способ орошения вплоть до полного затопления на короткий период [Суслонов, 1985; Пантелей, 1986].

Обобщая изложенные выше данные, выделим основное. Оптимальные значения влажности с позиций требований растений изменяются в широких пределах. С экологических позиций предел данной влажности должен быть близок к среднемноголетней его величине в природных экосистемах, тогда генетически обусловленное биологическое равновесие в почвах будет сохраняться долго, определяя дальнейшее развитие почвенных режимов к состоянию климакса в условиях пойменного почвообразовательного процесса. Например, при осушении торфяных почв оптимальный режим влажности должен поддерживаться в пределах 0,75-0,85-0,95 ПВ, с преобладанием значений 0,85 ПВ. Данную влажность должны обеспечивать осушительная и осушительно-увлажнительная системы. К данной влажности подбираются и соответствующие сельскохозяйственные культуры. Для поддержания генетически обусловленного состояния пойменных почв в условиях незатапливаемой поймы производится увеличение их влажности посредством затопления.

Мелиоративные системы не будут экологически рациональны и экономически эффективны, если при их проектировании не будут учитываться режимы почв. Проведенные исследования водного режима почв пойм показывают, что режимы и свойства почв, составляющих структуру почвенного покрова мелиорируемого участка, должны быть определяющими при проектировании режимов орошения/осушения. Прежде всего, имеются в виду затопляемость поймы, зимнее влагонакопление,

гранулометрическое и ботаническое (в случае торфяных почв) строение профиля почв поймы, определяющие их водно-физические свойства и режимы.

Как показали наши исследования, режим орошения, рассчитанный на основе метеорологических параметров, не обеспечивает экологические потребности почв и не гарантирует оптимальную влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Уровни грунтовых вод, которые являются основными показателями работы осушительной системы, также не создают требуемых для почв и растений условий и не могут быть значимыми параметрами состояния агробиоценоза.

Температурный режим почв. Температурный режим конкретного региона определяется его радиационными условиями. По данным В.Н.Димо (1968, 1972), радиационный баланс центральной таежно-лесной области бореального пояса, куда входит Западно-Сибирская почвенная провинция, определяет формирование почв, относящихся по тепловому режиму к длительно-сезонно-промерзающему типу. Термический режим Западно-Сибирской провинции характеризуется суммой температур выше 10 градусов С на глубине почвы 20 см 1550-1700 градусов С и средней температурой почвы за теплый период на той же глубине 5-10 градусов С [Воронина, 1973].

Тепловой режим является одним из ведущих факторов как при создании условий произрастания сельскохозяйственных растений, так и при поддержании равновесия протекающих биологических и физико-химических процессов в почве. В мелиоративном плане данный фактор пока регулируется опосредованно через изменение водного режима и увеличение теплопроводности за счет агротехнических мероприятий [Клюева, 1974; Циприс, Ревут, 1974]. При анализе требований растений к внешним условиям среды придается большое значение влажности и практически ничего не говорится о температурном режиме. Из метеорологических параметров тепловые условия сельскохозяйственных культур характеризуются суммой температур выше 10 градусов С, из почвенных - температурой почвы при прорастании семян, суммой температур больше 10 градусов С на глубине ризосферной зоны, глубиной проникновения экстремальных положительных температур. Вместе с тем влияние температуры должно прослеживаться в динамике. Так, А.М. Шульгин (1972) приводит данные по взаимосвязи температуры почвы и продолжительности вегетационного периода растений (табл. 38).

Таблица 38

Влияние температуры почвы на длину вегетационного периода (Шульгин, 1972)

Температура почвы, ° С	Длина вегетационного периода, дни		
	пшеница	ячмень	овес
15-20	78	73	79
12-14	81	77	83
8-10	106	98	106
6-7	124	120	139

Многими исследователями было показано, что при повышении температуры почв в них возрастает активность биологических и физико-химических процессов [Ревут, 1971; Зименко, 1977; Хазиев, 1983 и др.]. Так, между численностью микроорганизмов и температурой выявляется следующая зависимость: с ростом температуры почвы до определенного уровня повышается активность микроорганизмов и ферментов [Алиев, Гаджиев, 1972; Моисеева, 1975; Алиев, Гусейнов, 1980]. Температурный оптимум у различных микроорганизмов различен. Оптимальный интервал температуры для нитрифицирующих бактерий находится в пределах +23+35 градусов С [Пошон и Ги де Баржак, 1960], начало же активизации жизнедеятельности отмечается при +7 градусах С.

В естественных биоценозах формируется оптимальный баланс обмена веществ и энергии в климатических условиях определенного региона. В агробиоценозах данное

равновесие нарушается, что в особой степени проявляется при гидротехнических мелиорациях. Так, поверхностный 5-сантиметровый слой осушенных торфяных почв прогревается до 60 градусов С, в неосушенных до 20 градусов С [Ковриго, Витченко, 1980; Судас, 1982; Рябой, Ковалев, 1986]. Если резкое увеличение температуры отмечается в начале вегетации растений - происходит резкое снижение урожая. Повышение же температуры в течение вегетационного периода и особенно при благоприятных условиях увлажнения почв вызывает увеличение активности протекания биологических процессов. В результате происходит нарушение биологического равновесия, усиление процессов минерализации органических веществ и снижение потенциального плодородия почв. Отсюда следует необходимость изучения теплового режима почв с целью разработки приемов его контроля и корректировки в общей моде-
ли оптимизации почвенных режимов.

Температурный режим торфяных почв. Относительно торфяных почв в литературе широко распространено мнение, что осушительные мелиорации вызывают ухудшение температурного режима [Лупинович, 1965; Скрынникова, 1974; Прихотько, 1976; Ефимов, 1986]. На наш взгляд, данная постановка вопроса не совсем корректна. Торфяные почвы в естественном состоянии заполнены влагой до полной влагоемкости. Благодаря высокой влагонасыщенности их тепловые свойства определяются в основном температурными параметрами воды. В результате торфяные почвы теплоемки, неглубоко промерзают, но не могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве. Только после их осушения формируются выделенные И.Н.Скрынниковой (1961) в особый тип почвы.

Рассмотрим тепловые свойства осушаемых торфяных почв. Тепловой режим характеризуется следующими основными параметрами: коэффициентами теплопроводности (λ) и температуропроводности (Kt). Согласно Н.И.Михайловой (1954), суммарная величина теплового потока в почву за период вегетации составляет 8-13% радиационного баланса поверхности почвы, из которого 40% приходится на нагрев и оттаивание мерзлой почвы. Отсюда, казалось бы, следует, что снижение степени промерзания - существенный резерв прогревания почв. Однако В.В.Романовым (1961) было определено, что особого различия в величинах теплового потока торфяных и минеральных почв нет: несмотря на то, что последние промерзают гораздо глубже, оттаивают они раньше. Следовательно, причина медленного оттаивания торфяных почв и последующего их прогревания заключается не в глубине их промерзания, а в их тепловых свойствах.

Вместе с тем следует выделить и особенность теплопроводности торфяных почв. При любой увлажненности теплопроводность их значительно ниже теплопроводности минеральных почв (рис. 17), что объясняется разной теплопроводной способностью и соотношением составляющих компонентов данных почв. В торфяных почвах это растительное вещество, вода и воздух, в минеральных - грунт, вода и воздух. Теплопроводность торфа - 0,20, грунта - 2,43, воздуха - 0,38 Дж/(м.с. градусов С). Неодинаковое влияние оказывает увеличение степени увлажнения минеральных и торфяных почв. Заполнение влагой всех пор от 60 до 100% увеличивает коэффициент теплопроводности в минеральных почвах в 1,09, а в торфяных почвах - в 2,5 раза (см. рис. 17). Следовательно, при одинаковом потоке тепла в торфяных почвах будет происходить нагревание, в основном, поверхностного слоя и градиент температуры будет существенно выше, чем в минеральных почвах.

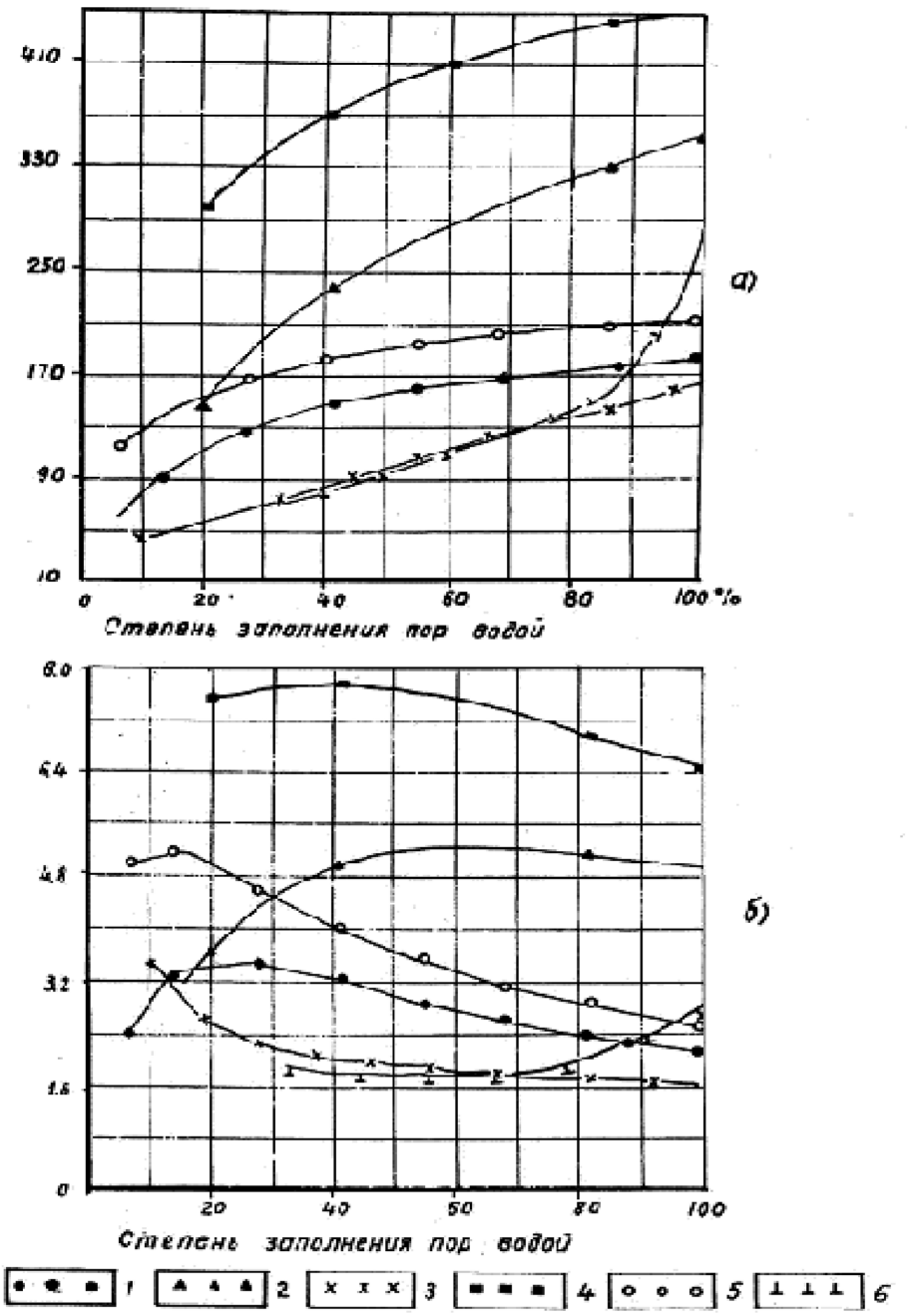


Рис. 17. Тепловые характеристики минеральных и торфяных почв [Романов, 1961 г.]:
а - теплопроводность; б - температуропроводность.
1 - минеральная почва с объемной массой 0,9 (мелкодисперсная);
2 - с объемной массой 1,6 (мелкодисперсная); 3 - сфагновый очес с объемной массой 0,04 г/см3 при t -20oC; 4 - минеральная почва с объемной массой 1,6 г/см3 (крупнодисперсная); 5 - с объемной массой 0,9 (крупнодисперсная); 6 - низинный торф (по В.Ф.Шебенко)

Коэффициент температуропроводности важен при изучении температурных условий прорастания семян или обеспеченности корневой системы сельскохозяйственных культур положительными температурами. Значения K_t, полученные В.В.Романовым (1961) и представленные на (см. рис. 17), показывают, что и по скорости прогревания торфяные почвы следует считать значительно более холодными, чем минеральные. При этом влажность в широком диапазоне изменения не оказывает существенного влияния на улучшение тепловых свойств торфяных почв. Из агротехнических мер воздействия на тепловой режим торфяных почв наиболее

значимым является пока внесение минерального грунта и особенно песка, теплопроводность которого в целом больше в 10 раз (Романов, 1961). Данный прием помогает избежать и явления поздних заморозков на торфяных почвах [Вознюк, 1977; Бурматова, 1984], которое объясняется неглубоким прогревом в дневное время и быстрым остыванием ночью. В результате при понижении температуры воздуха ночью в первую очередь на торфяных почвах и возникает явление заморозка.

Низкая температуропроводность торфяных почв определяет медленное прогревание весной практически при любой влажности. Вместе с тем летние температуры распространяются неглубоко, и весь поток тепла концентрируется в верхних слоях. Таким образом, биологическая сработка в нижних слоях почвенного профиля очень замедлена. Надо полагать, температурным фактором объясняется усиление биологической сработки поверхностных слоев, что и отмечается многими авторами. Поэтому при проектировании мелиоративных систем на торфяных почвах можно, основываясь на знании состава и свойств торфа, подобрать агротехнические приемы (пескование, мульчирующие материалы и др.) для улучшения температурных условий планируемых культур или выбрать такие культуры, требования которых к температурным условиям соответствуют температурному режиму торфяных почв. При характеристике температурного режима с позиций экологии и требований растений важно выделить следующие параметры: пределы температур и суммы активных температур в корнеобитаемой зоне, температурный градиент и глубину проникновения активных температур.

Исследования температурного режима пойменных почв проводились до 1,6-3,2 м стационарно заложенными датчиками (терморезисторы ММТ-4). Их отличительной особенностью является значительная зависимость величин электрического сопротивления от температуры. Применяемые в наших исследованиях заводские терморезисторы типа ММТ изготавляются на основе медно-марганцевых оксидных полупроводников. Их преимущества заключаются в большой точности при сравнительно невысокой чувствительности электроизмерительной аппаратуры и в возможности вести дистанционные измерения на больших глубинах при любом количестве точек измерения одним прибором [Инишева и др., 1975). Терморезисторы ММТ-4 имеют диапазон рабочих температур -60+125 градусов С, срок службы - 5000 часов, срок хранения - до 10 лет [Шефтель, 1973]. Показания можно снимать мостом постоянного тока Р-334, Щ 4313.

Многие авторы [Глебов, Александрова, 1973; Панфилов, 1975; Чигир, 1978; Ковда, 1980] отмечают, что естественная холодность длительно-сезонно-промерзающих почв Западной Сибири - главный лимитирующий фактор для сельскохозяйственных культур. Прежде всего это относится к торфяным почвам. В табл. 39 приведены требования различных культур к почвенным условиям, а в табл. 40 - температура торфяных почв в корнеобитаемом слое. Из данных таблиц следует, что на начало вегетации температурные условия в торфяных почвах благоприятны только для многолетних трав, а минимальные температуры прорастания семян пригодны практически для всех районированных сортов сельскохозяйственных культур.

Таблица 39

Температурные условия прорастания семян и появления всходов сельскохозяйственных культур

Культура, сорт	Температура прорастания семян		Минимальные температуры появления всходов, ° С	Интервал температур наибольших всходов, ° С
	минимальная	оптимальная		
Рожь озимая	0-1**		2-3**	
Пшеница яровая	0*	28*	-	4-26*
Горох на зерно	1*	23*	-	8-24*
Ячмень яровой Красноярский 80	0*	30*	-	8-26*
Червонец	0*	26*	-	8-30*
Винер	0*	22*	-	4-26*
Овес, Нарымский 943	0*	24*	-	8-30*
Гречиха Калининская	3-4**	-	6-7**	-
Лен-долгунец, Томский 10	0*	24*	-	2-34*
Кукуруза	8-10**	-	10-11**	-
Вика яровая	1-2**	-	2-3**	-
Клевер луговой	0-1**	-	2-3**	-
Свекла кормовая	3-4**	-	6-7**	-
Подсолнечник на силос	5-6**	-	8-9**	-
Картофель	5-6**	-	8-9**	-

* – данные Томской сельско*озяйственной опытной станции

** – Степанов (1948)

«-» - данные отсутствуют

Таблица 40

Показатели температурного режима осушаемых торфяных почв на период посев-посадка сельскохозяйственных культур

Культура	Способ осушения	Годы	Показатели температурного режима		
			Слой ттаивания, см (пределы по вариантам)	Температура слоя 0-30 см, °С (пределы по вариантам)	
Многолетние травы	Закрытый дренаж	1977	1-14	-2,0	+2,0
		1978	13-21	не опр.	
		1979	6-10	-0,2	+0,3
		1980	5-10	-0,2	+0,5
		1981	не опр.	-0,3	+1,3
		1982	1-5	-0,6	+0,7
Овес	Закрытый дренаж	1977	14-31	0,0	+4,7
		1978	32-37	не опр.	
		1979	17-22	0,0	+2,9
		1980	17-20	0,0	+3,5
		1981	не опр.	0,0	+4,8
		1982	22-30	0,1	15,0
кукуруза	Закрытый дренаж	1977	21-40	не опр.	
		1978	36-39	не опр.	
		1979	20-26	0,2	+4,1
		1980	27-30	0,3	+4,0
		1981	не опр.	0,4	+4,9
		1982	28-32	2,0	+7,0

Проведенные нами исследования [Инишева, 1983, 1984] показывают, что осушаемые торфяные почвы промерзают до 100 см независимо от способа их осушения

(табл. 41). Данное промерзание начинается в октябре и продолжается около шести месяцев. Средняя интенсивность промерзания - 0,5-0,6 см/сут. Наибольшая глубина промерзания отмечается в январе-феврале. В сравнении с аналогами европейской территории СССР, глубина промерзания осушаемых торфяных почв Сибири значительно больше. Так, глубина промерзания торфяных почв в Мещерской низменности составляет 30-35 см (Маслов, 1960), на севере европейской части СССР - 50-80 см (Нестеренко, 1974, 1979), в Барабинской низменности - 70-110 см (Баранов, 1969; Логинов, 1974). Наибольшая скорость промерзания в торфяных почвах отмечается в ранне-зимний период, когда температуры далеко не самые низкие (самые низкие температуры воздуха в январе-феврале), но снежный покров - небольшой мощности. Высота снежного покрова оказывает влияние и на последующее промерзание. Так, разница в мощности снежного покрова в 20 см определяет и разную глубину промерзания и сроки оттаивания (рис.18). Отсюда следует, что мероприятия по снегозадержанию (особенно в ранне-зимний период) могут оказать существенное влияние на температуру корнеобитаемого слоя. Эффективность этого была выявлена В.И.Козловским (1957) и Н.В.Орловским (1974), исследования которых показали, что данным способом можно повысить температуру торфяных почв на 3 градуса С, что очень важно для сельскохозяйственного производства в условиях южно-таежной подзоны. В.А.Адаменко (1972) показал, что при температуре почвы 4 градуса С на глубине 5 см (средняя глубина заделки семян) продолжительность периода ПОСЕВ-ВСХОДЫ составляет 26 дней, а при температуре выше на 1, 2, 3 и 4 градуса С его продолжительность будет составлять соответственно 20, 18, 16 и 14 дней. Подобные опыты были проведены в 1949 г. Сюлливеном и Спрагом [Ричардс, Хаган, Мак-Колла, 1955] (рис. 19).

Таблица 41

Показатели промерзания-оттаивания осушаемых торфяных почв

Способ осушения, объект, район	Варианты осушения	Годы	Глубина промерзания, см	Дата полного оттаивания
Открытые каналы, «Открытое болто» Зырянского района, пойма Чулыма	400	1973-74	107	19.09
		1974-75	77	9.07
		1975-76	84	22.07
		1976-77	77	20.06
		1977-78	55	24.06
		1978-79	50	17.06
Открытые каналы, «Верхние луга» Шегарского района, пойма Оби	150	1978-79	54	
		1979-80	52	
Закрытый дренаж «Верхний луг» Зырянского района, пойма Кии	25x0,8	1976-77	80	25.07
	25x1,1	1976-77	67	15.06
	25x1,3	1976-77	81	25.07
	25x0,8	1977-78	90	18.07
	25x1,1	1977-78	80	19.06
	25x1,3	1977-78	89	25.06
	25x0,8	1978-79	79	8.07
	25x1,3	1978-79	60	22.06
	25x0,8	1979-80	61	20.06
	25x1,3	1979-80	87	19.06
	25x0,8	1981-82	70	10.07
	25x1,3	1981-82	65	5.07

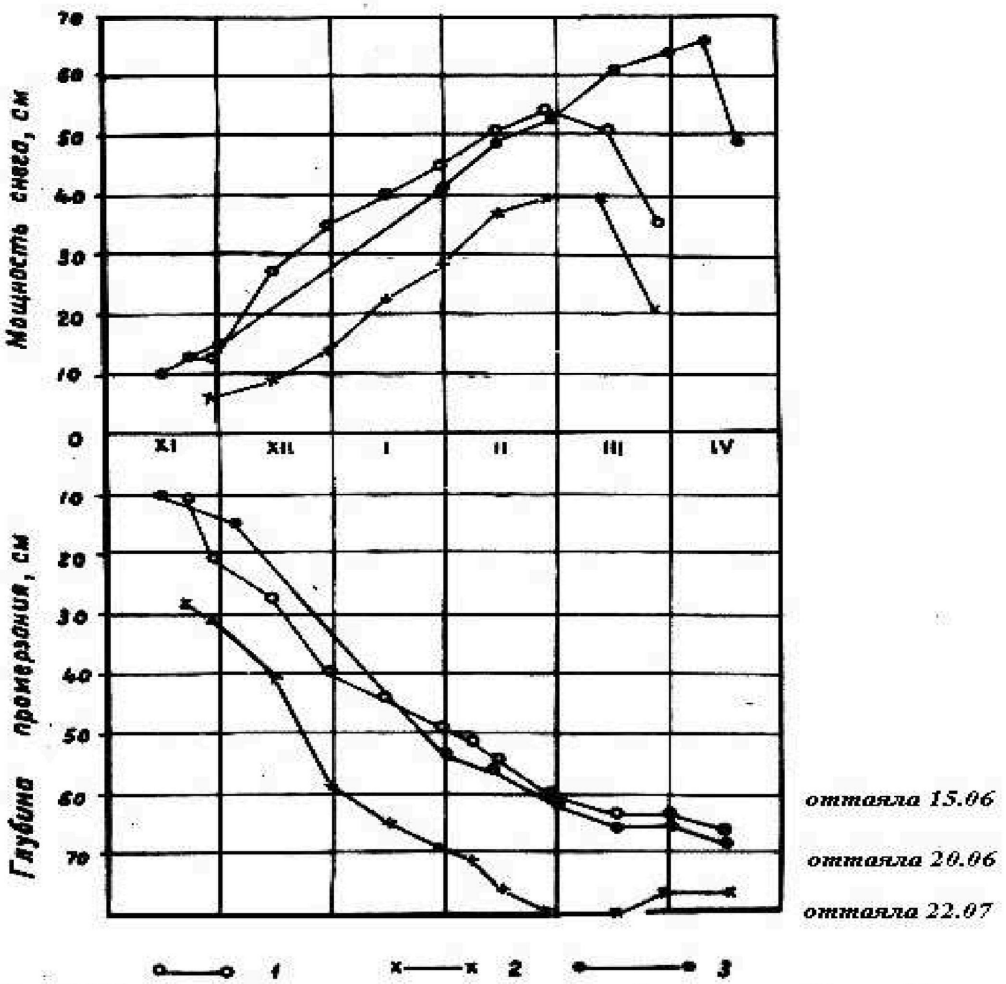


Рис. 18. Интенсивность промерзания осушенных торфяных почв поймы р. Чулыма: 1 - вариант 1,1х25 м; 2 - вариант 1,3х25 м (1978/79); 3 - вариант 1,1х 25 м (1977/78 г.)

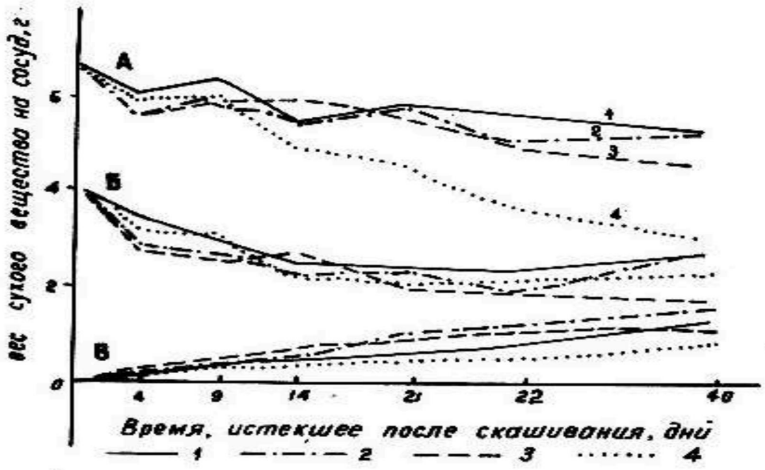


Рис. 19 Изменение сухого веса корней, стерни и отросших после скашивания частей растений у райграса - многолетнего при 4х различных температурах в почве (по Сюлливену и Спрагу, 1949, цитируется по С. ДжРичардс, Р.М. Хаган, Т.М. Мак-Калла, 1955)

А- корни; Б - стерня; В- отросшие части.

За вегетационный период осушаемые торфяные почвы поймы прогреваются неглубоко, и для них характерны невысокие средневегетационные температуры (табл. 42). Температура почв на глубине 20 см поддерживается на уровне активных температур, по Д.И.Шашко (1967), только половину данного периода. Необходимо также иметь в виду, что наличие подобных температур в торфяных осушаемых почвах оказывается смещенным к концу периода вегетации, что благоприятно только для поздно убираемых сельскохозяйственных культур.

Таблица 42

Показатели температурного режима осушаемых закрытым дренажом почв на период вегетации сельскохозяйственных культур

Показатели	Годы			
	1979	1980	1981	1982
Глубина прорастания активных температур (более 10°), см	60	45	65	30
Сумма активных температур воздуха выше 10°	1903	1916	1974	1880
Глубина распространения летних температур (более 15°), см	20	Нет	25	10
Продолжительность периода с температурой более 10° на глубине 20 см, % от всего периода вегетации	52	46	50	21
Сумма температур на глубине 20 см	1560	1386	1668	1221
Средняя температура (°С) за период вегетации на глубине 20 см почвы	7,9	7,0	8,5	6,2

Особого внимания заслуживает следующее обстоятельство: из анализа температурного режима торфяных почв по сумме активных температур на глубине 20 см следует, что практически все сельскохозяйственные культуры на данных почвах должны быть обеспечены теплом (см. таблицы 39 и 41). Вместе с тем, на основании наших исследований и литературных данных, о которых упоминалось выше, известно, что поверхностный слой осушенных торфяных почв прогревается в отдельные периоды до 50-60 градусов С. Как совершенно верно отмечает В.Г.Чигир (1978:55), "пахотный слой /.../ во время вегетации перегрет, и температура почв лимитирует вегетацию не нижними своими значениями, а верхними". При этом глубина проникновения высоких температур достигает 20 см. Зависимость температуры воздуха и почвы на глубинах 5 и 20 см подтверждается также значениями температурного градиента (табл. 43). Следовательно, надо полагать, что оценка теплообеспеченности сельскохозяйственных культур по сумме температур на данной глубине является неправильной. Вместе с тем, на глубине 30-40 см зависимость температуры почв от температуры воздуха резко падает и характеризуется равномерным изменением в течение всего вегетационного периода. До июля температура почв на данной глубине имеет значения 0-10 градусов С, и только в августе-сентябре данный слой прогревается до 10-15 градусов С. Надо полагать, сумма температур торфяных почв на глубине 30 см будет более достоверно характеризовать как теплообеспеченность сельскохозяйственных культур, так и температурный режим почв.

Таблица 43

Вертикальный градиент осушенных торфяных почв

Показатели	Год	Объект	Декада	Месяцы					
				V	VI	VII	VIII	IX	V-IX
Температура воздуха, ° С	1979			8,4	17,5	20,1	14,5	10,0	14,1
Обеспеченность температуры воздуха, %				52,0	17,5	19,5	50,4	17,5	13,5
Вертикальный градиент		Дренаж «Верхний луг» Зырянского района	I	0,3	3,7	3,3	0,7	-0,2	Не опр.
			II	2,9	5,3	2,8	0,7	-2,5	Не опр.
			III	2,9	3,5	2,5	-0,8	0,1	Не опр.
		Открытые каналы «Открытое болото» Зырянского района	I	Не опр.	4,8	4,3	8,1	Не опр.	Не опр.
			II		9,7	4,2	8,1		Не опр.
			III		3,2	5,1	4,7		Не опр.
Температура воздуха, ° С	1982			10,1	18,0	17,9	15,4	8,5	13,2
Обеспеченность температуры воздуха, %				12,0	8,1	65,0	30,1	56,1	15,0
Вертикальный градиент		Дренаж «Верхний луг» Зырянского района	I	0,1	4,4	2,8	6,1	-0,2	Не опр.
			II	3,7	4,1	3,8	2,5	-2,9	Не опр.
			III	4,3	3,9	4,0	-0,8	0,5	Не опр.

Температурный режим дерновых и дерново-глееватых почв. По экологической классификации температурного режима А.М.Шульгина (1972), исследуемые дерновые и дерново-глееватые почвы относятся к теплым, благоприятным для произрастания всех сельскохозяйственных культур (табл. 44), несмотря на их глубокое промерзание (табл. 45). Уже к началу вегетации многолетних трав (в среднем – 1 мая) корнеобитаемый слой данных почв полностью характеризуется наличием положительных температур, независимо от глубины их промерзания. Подобное быстрое и глубокое распространение положительных температур определяется хорошей теплопроводностью дерновых и дерново-глееватых пойменных почв, что значительно снижает вертикальный градиент в корнеобитаемой зоне.

Таблица 44

Показатели температурного режима дерновых и дерново-глееватых почв на период посев-посадка сельскохозяйственных культур

Культура	Вид мелиорации, почвы	Годы	Показатели температурного режима	
			Слои оттаивания, см (пределы по вариантам)	Температура слоя 0-30см, °С (пределы по вариантам)
Многолетние травы	Орошение, дерновые	1974	40	Не опр.
		1975	Мерзлоты нет	Не опр.
		1976	80	Не опр.
	Орошение, дерново-глееватые	1974	34	Не опр.
		1975	62	Не опр.
		1976	66	Не опр.
	Осуошение, дерново-глееватые	1977	32-42	2-10
		1978	30-37	5-6
		1979	15-20	-0,7+1,9
		1983	20-25	-0,3+2,7
		1981	Не опр.	-0,1+4,3
		1982	34-48	Не опр.
Овес	Орошение, дерновые	1974	100	1,9-4,8
		1975	Мерзлоты нет	Не опр.
		1976	Мерзлоты нет	Не опр.
	Орошение, дерново-глееватые	1974	66	0,9-7,1
		1975	Мерзлоты нет	5-17
		1976	Мерзлоты нет	4,7-8,3
	Осушение, дерново-глееватые	1977	60-73	7-15
		1978	Не опр.	3-6
		1979	36-70	1,3-14
		1983	47-50	3-10
		1981	Не опр.	7-II
		1982	67-61	7-10
Кукуруза	Орошение, дерново-глееватые	1974	75	7-10
		1976	Мерзлоты нет	8-12
	Осушение, дерново-глееватые	1977	83-141	15-23
		1978	74-96	8-15
		1979	60-92	3-9
		1983	56-62	4-10
		1981	Не опр.	5-8
		1982	84-110	8-11

Таблица 45

Показатели промерзания-оттаивания дерновых и дерново-глееватых почв

Вид мелиорации	Почвы	Годы	Глубина промезания, см	Дата полного оттаивания
Орошение	Дерновые	1971-72	205	Не опр.
		1972-73	90	Не опр.
		1973-74	160	20.06
		1974-75	110	28.04
	Дерново-глееватые	1975-76	90	4.05
		1972-73	60	Не опр.
		1973-74	127	13.06
		1974-75	66	5.05
		1975-76	75	10.05
Осушение	Дерново-глееватые	1976-77	165	25.06
		1977-78	163	6.07
		1978-79	166	5.07
		1979-80	150	25.06
		1981-62	150	29.06

Средняя температура почвы за период вегетации на глубине 20 см изменяется в пределах 12-15 градусов С, что в два раза выше по сравнению с торфяными почвами (табл. 46). Весь почвенный профиль прогревается до температур 10 градусов С и выше, а глубина распространения летних температур достигает 130 см (см. табл. 46). Подобные температуры в почве в разные по теплообеспеченности годы составляют от 7 до 50% вегетационного периода. Заслуживает внимания сравнение температурного режима дерново-глееватых почв высокой поймы (р.Томь) и подобных же почв низкой поймы (р.Кия). Последние, прежде всего, выделяются большей глубиной промерзания. В теплые зимы на высокой пойме глубина промерзания дерново-глееватых почв достигает 60 см, а низкой поймы - 150 см; в холодные годы соответственно 66 и 150 см (см. табл. 45)

Таблица 46

Температурный режим дерновых почв

Показатели	Тип поймы	Почвы	
		дерновые	дерново-глееватые
Сумма активных температур воздуха выше 10°, °С	высокая	Не опр.	1923
	высокая		1778
	низкая		1880
Глубина распространения активных температур (более 10°) см	высокая	240	более 200
	высокая	260	180
	низкая	Не опр.	110
Продолжительность периода с температурой более 10° на глубине 20 см, % от всего периода вегетации	высокая	87	80
	высокая	64	60
	низкая	Не опр.	70
Средняя температура почвы за период вегетации на глубине 20 см, °С	высокая	15,2	13,5
	высокая	12,6	12,1
	низкая	Не опр.	13,3
Глубина распространениялетних температур (более15°), см	высокая	150	120
	высокая	80	50
	низкая	Не опр.	33

.

Дерново-глееватые почвы низкой поймы значительно холоднее аналогичных почв высокой поймы и в период вегетации (см.табл. 46). Надо полагать, основная причина заключается в различии водного режима данных почв. Пределы влажности дерново-глееватых почв низкой поймы составляет 0,6 ПВ - ПВ, высокой поймы - 0,7 ППВ - ППВ или приблизительно 0,5-0,7 ПВ.

В заключение отметим особенности температурного режима изученных почв. Осушаемые торфяные почвы по своим тепловым свойствам относятся к холодным почвам. Без тепловой мелиорации осушаемые торфяные почвы по температурным условиям за весь вегетационный период соответствуют требованиям только многолетних трав. Температурный режим осушаемых торфяных почв характеризуется контрастностью, что крайне неблагоприятно как для сельскохозяйственных культур, так и для генетически обусловленных почвенных режимов. Отсюда следует необходимость двустороннего регулирования водного режима торфяных осушаемых почв с целью снижения температурного градиента в поверхностном слое почвы. Температурный режим дерновых и дерново-глееватых почв высокой и низкой поймы отвечает требованиям всех сельскохозяйственных культур подтаежной зоны.

Таким образом, при условии соответствия оптимумов требований сельскохозяйственных культур к температуре в пределах климата региона и климата почв возможно получение устойчивых урожаев при сохранении экологического равновесия в почвах. Так как изменение температуры в пределах 2-3 градусов С возможно за счет изменения влажности почв, задача оптимизации температурного режима почв при проектировании должна решаться совместно с оптимизацией водного режима.

О к и с л и т е л ь н о - в о с с т а н о в и т е л ь н ы й р е ж и м п о ч в. Изучение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в почвах представляет интерес и в теоретическом, и в практическом аспектах, вполне закономерно поэтому, что ОВ-режиму посвящено большое количество работ, в которых описаны влияние на величину ОВП аэрации, влажности , интенсивности биохимических процессов [Нгуен Ви, 1968; Кауричев, 1969, 1981; Люжина, 1971; Вознюк, Клименко, 1982], содержания закисного железа [Гантимурова, 1969; Бирюкова, 1975; Кауричев, 1978], процессов аммонификации и нитрификации [Тарарина, Тарарин, 1970; Латфулина, 1975], температуры [Малий, 1973; Куппа, 1979; Дедков, 1981]. Важно особо подчеркнуть, что мнения о взаимовлиянии ОВП и параметров почвенных режимов противоречивы. Так, наряду с наличием обратной зависимости между ОВП и влажностью [Зырин, Гриндель, 1963; Нгуен Ви, 1968] отмечается и прямая связь [Дедков, 1981], а С.Т.Вознюк и Н.И.Клименко (1982) описывают связь между ОВП и влажностью в осушаемых торфяных почвах параболой третьего порядка. В работах Д.К.Куппа (1979), С.Т.Вознюк (1982), например, подчеркивается наличие прямой зависимости ОВП от температуры почвы, а В.С.Дедков (1981) отрицает возможность подобной связи. Все это свидетельствует о том, что механизм ОВ-процессов в почвах очень сложен.

Для изучения окислительно-восстановительного состояния почв пойм использовались платинированные электроды, изготовленные согласно методикам В.А.Рабиновича и С.В.Куровской (1953) и Т.П.Поповой и В.С.Рослякова (1963) с нашими изменениями [Инишева, 1975]. Электроды закладывались стационарно в 10-сантиметровые слои до глубины 1,6-2,1 м, показания снимались приборами ЭСК-1 и АЭ-72 через 3 дня в течение вегетационного периода.

Динамика ОВП в дерновых и дерново-глееватых почвах. Окислительно-восстановительный режим почв определяется, как известно, их генетическими свойствами и почвообразующими условиями. Так, исследуемые почвы характеризуются высокой водопроницаемостью и, следовательно, воздухоносной порозностью, обеспечивающей господство окислительных условий. Однако это не означает, что изменение влажности в почве не влияет на окислительно-восстановительную обстановку. Степень изменения ОВ-режима зависит от степени дисперсности и

агрегированности почв или определяется дифференциальной порозностью. Соотношение пор разных размеров и есть причина гетерогенности ОВ-условий в почвенном профиле. Проведенные исследования (Ревут, 1971) позволили сделать следующий вывод: чем плотнее почва и чем больше ее влажность, тем медленнее отводится из почвы СО и тем сильнее проявляется тенденция к накоплению в ней данного соединения. В рыхлых почвах (до 1,3 г на кубический см) даже при их сравнительно высокой влажности содержание СО в почвенном воздухе не превышает 0,2-0,6% и соответственно содержание кислорода не снижается за пределы 20%. ОВ-состояние почв слагается из ОВП агрегатов, характеризующихся порами разных размеров и ОВП почвенных слоев на разных глубинах и определяет биоэнергетическое состояние почвы на каждый момент времени, следовательно, и условия жизнеобеспечения корневой системы растений.

Косвенно состояние ОВ-условий почв определяют по свободной порозности, которая равна разности между общей порозностью и объемом воды в почве (Ревут, 1971). Заметим, что показателя ППВ в осушительной мелиорации нет, есть показатель полной влагоемкости. В орошении воздухоносная порозность почв определяется как разность между объемом, соответствующим ППВ почв и их влажностью (в литературе также используются термины "порозность аэрации", "воздухоемкая порозность", "воздухоносная порозность", "воздухоемкость").

Динамика ОВП в минеральных почва высокой поймы. В дерновых почвах ОВП изменяется от 211 до 590 мВ с преобладанием значений 300-400 мВ. При этом пределы изменения воздухоносной порозности составляют 5-25% и более. Продолжительные и обильные осадки вызывают кратковременное снижение окислительных условий в слое 0-10 см с быстрым возвращением к усредненной величине 300-400 мВ, что является результатом окислительно-восстановительной буферности дерновых почв. Под последней, по И.С.Кауричеву и Д.С.Орлову (1982), понимается способность почв противостоять изменению ОВП при действии различных факторов, нарушающих сложившееся ОВ-равновесие. В характеристике почвенных процессов данное понятие трактуется более широко, чем в неорганической химии. Причина этого заключается в том, что в почвах существуют разнообразные ОВ-системы как неорганического, так и органического происхождения, причем их воздействие может быть прямым и опосредованным. Примером последнего может служить внесение в почву веществ, влияющих на жизнедеятельность микрофлоры, но не вступающих в окислительно-восстановительные реакции. При этом под воздействием изменившегося количества определенных физиологических групп микроорганизмов происходит изменение ОВ-равновесия почв. Надо полагать, по данной причине И.С.Кауричев и Д.С.Орлов (1982) предлагают называть буферность почв динамической. О буферности почвы можно судить по скорости наступления анаэробиозиса при затоплении почвы в условиях лабораторного опыта [Богданов, 1971; Кауричев, 1975].

Нами был проведен опыт по изучению ОВП в затопленных почвах. В течение 12 дней при затоплении дерновой почвы ОВП в гумусовом горизонте понизился на 49 мВ или 4,1 мВ/сут, что, согласно литературным данным, свидетельствует о значительной буферности изучаемых почв. В то время как, по данным Н.Н.Малий (1973), в мерзлотно-таежных почвах скорость падения потенциала составила для верхнего горизонта 4,5 мВ/сут уже на 2-ой день после затопления, а в дерновоподзолистых почвах - 26,5 мВ/сут [Гречин, 1965]. После снятия затопления в исследуемой дерновой почве скорость восстановления ОВП составила 12,0-19,1 мВ/сут., причем в течение одного дня ОВП в гумусовом горизонте увеличился с 211 мВ до 310 мВ. Очевидно, снижение ОВП в дерновой почве сможет произойти лишь в условиях продолжительного затопления водами. В основном в дерновых почвах высокой поймы окислительные условия устойчивы по всему профилю.

В дерново-глееватых почвах высокой поймы ОВП изменяется от 121 до 530 мВ с преобладанием величин 250-350 мВ. В связи с близким залеганием грунтовых вод в

данных почвах ОВП характеризуется более низкими значениями, что отмечается и другими авторами [Орлов, 1970; Patric, Turner, 1968]. Значения ОВП менее 200 мВ периодически наблюдаются глубже 200 см. В дерново-глееватых почвах отмечаются и более низкие значения воздухоносной порозности. Однако окислительные условия в метровом слое сохраняются в данных почвах не только в средние, но и во влажные годы. И только глубже 100 см во все годы исследований отмечается уменьшение воздухоносной порозности с одновременным снижением значений ОВП.

Рассмотрим, как влияет орошение на динамику ОВП почв высокой поймы. Поливы не оказывают существенного влияния на состояние воздухоносной порозности и ОВП дерновых почв, что свидетельствует о том, что в исследуемых почвах газообмен осуществляется свободно. Однако при более частых изменениях ОВП в условиях орошения в дерновых почвах высокой поймы можно заметить существенные колебания значений ОВП. Так, сразу после полива ОВП снижается на 100-250 мВ, далее через 2-3 дня либо восстанавливается до первоначального уровня, либо превышает его (рис. 20). Все это позволяет признать, что высказанное мнение о положительном воздействии частых поливов исследуемых почв во избежание потерь поливных вод подтверждается и динамикой ОВ-условий орошаемых дерновых почв. Сохраняющаяся высокая порозность почв, быстрое снижение и далее повышение значений ОВП свидетельствуют о фронтальной миграции влаги за пределы почвенного профиля при существующем поливном режиме. Более же высокие значения ОВП, отмечаемые в орошаемых почвах, указывают на активизацию процессов обмена, следовательно, и увеличение подвижных форм питательных элементов.

Проведение поливов на дерново-глееватых почвах высокой поймы определяет снижение воздухоносной порозности в отдельных слоях до 15% при значениях ОВП в пределах 350-500 мВ. Следует однако заметить, что накопление влаги в дерново-глееватых почвах за счет поливов изменяет на глубине 1,7 м окислительно-восстановительные условия в сторону восстановительных к концу вегетационного периода (рис. 21). В то время как при неполивном варианте снижение ОВП ниже 200 мВ происходит только на глубине 210 см.

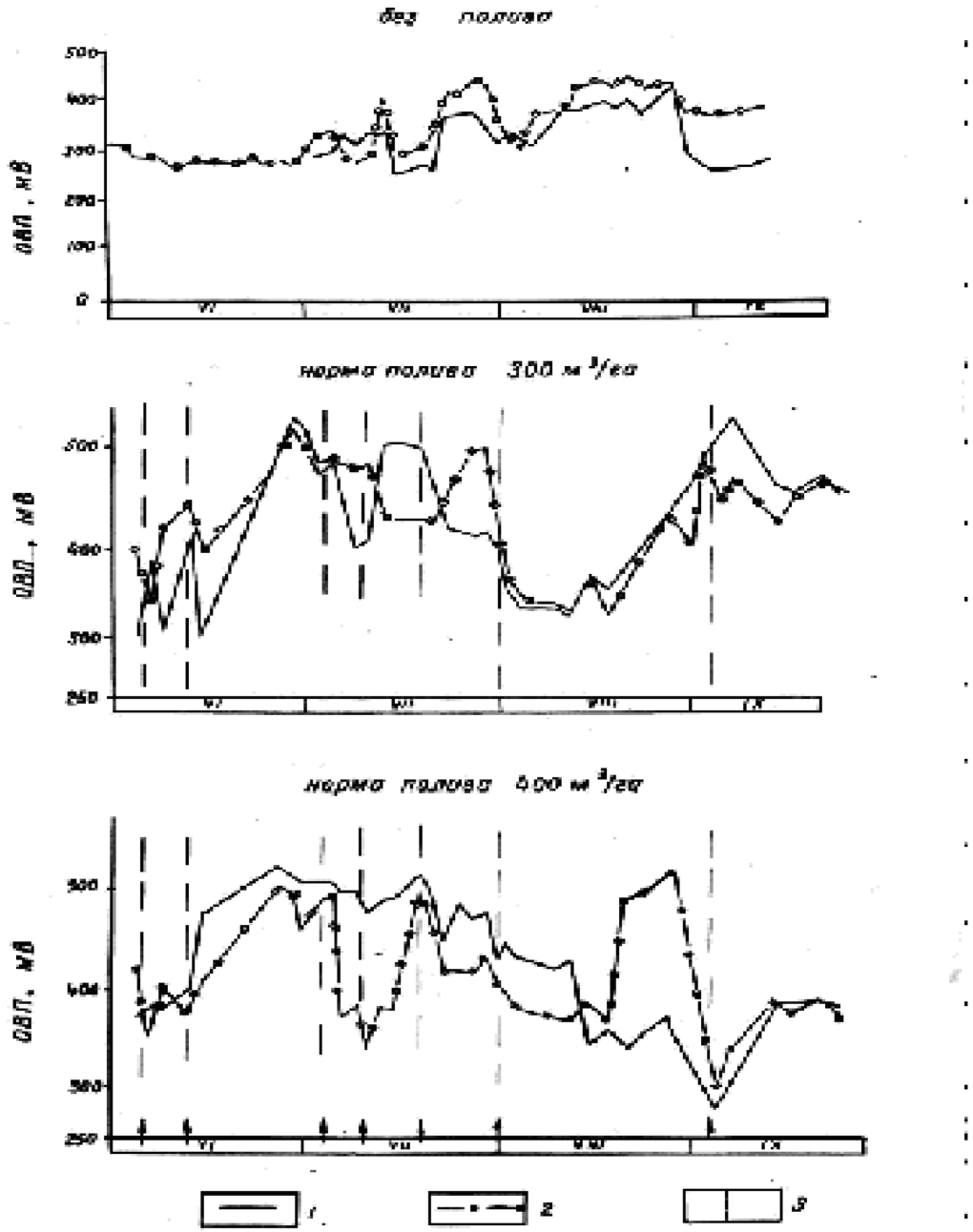


Рис. 20. Динамика ОВП в дерновых почвах поймы р. Томи, 1974 г.: 1 - слой 30-40 см; 2 - слой 90-100 см; 3 - поливы.

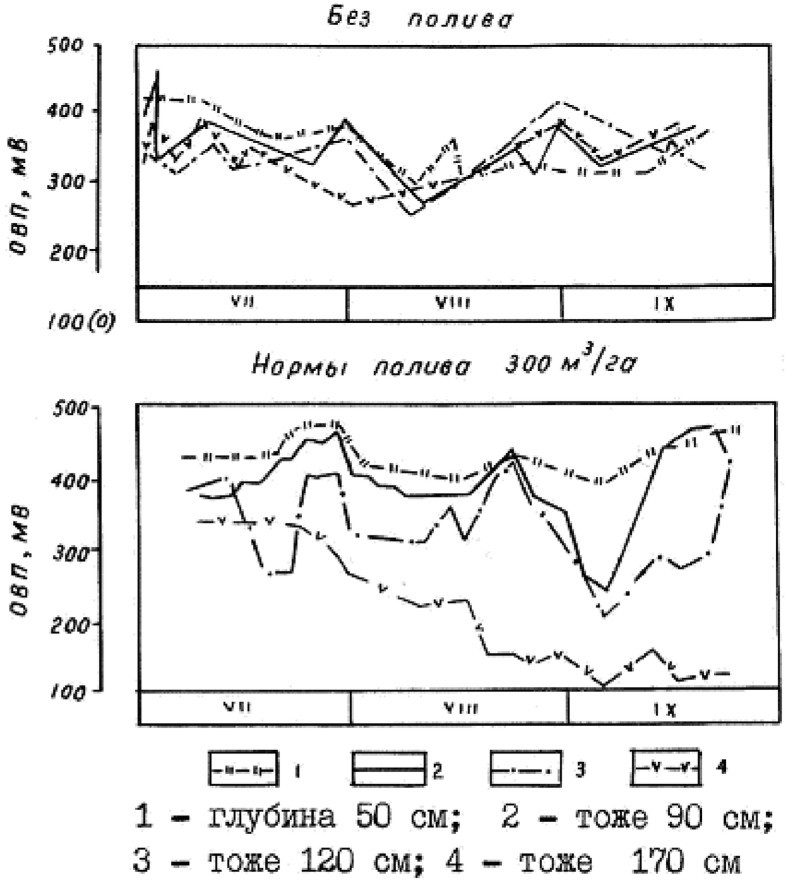


Рис.21. Динамика ОВП в дерново-глееватых почвах р. Томи, 1974 г.

Динамика ОВП в минеральных почва низкой поймы. Рассматриваемая воздухоносная порозность осушаемых почв низкой поймы относится к периоду интенсивного осушения в течение 3-5 лет, а включая предварительное осушение открытыми каналами - 11-13 лет. Уже в мае при залегании УГВ в пределах капиллярного подпитывания корнеобитаемой зоны почв воздухоносная порозность изменяется по вариантам от 16 до 28% в слое 0-50 см и несколько меньшие значения имеет в слое 50-100 см (таблица 50). В июне УГВ опускается ниже 2 м, воздухоносная порозность соответственно увеличивается, сохраняя высокие значения в корнеобитаемой зоне до конца вегетационного периода. Если сравнить значения воздухоносной порозности почв высокой (орошаемой) и низкой (осушаемой) пойм, то значения первых будут выше в среднем на 12%, в то время как значения ОВП в них ниже. Особого внимания заслуживает и отмечаемая контрастность воздухоносной порозности в осушаемых почвах: от полного затопления (порозность равна нулю) до влажности, близкой к влажности завядания (порозность равна 66%). Причем подобная контрастность отмечается и в условиях переувлажнения (весной при снеготаянии и подъеме УГВ близко к поверхности) и в условиях недостаточной влагообеспеченности. По ОВ-условиям почвенный профиль осушаемых дерново-глееватых почв низкой поймы однороден и характеризуется высокими значениями ОВП.

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что в дерново-глееватых почвах низкой поймы под воздействием осушения формируется новый тип окислительно-восстановительного режима с абсолютным господством окислительных процессов. При этом осушаемые почвы характеризуются низкой буферностью, неустойчивыми значениями ОВП во времени. Динамика ОВП существенно изменяется даже в течение одного дня (рис. 22). Так, на протяжении трех часов ОВП слоя 0-5 см увеличился на 300 мВ, а слоя 90-100 см за то же время - на 400 мВ. Полученные результаты также

подтверждают высокую активность протекающих в осушаемых почвах реакций окисления и восстановления.

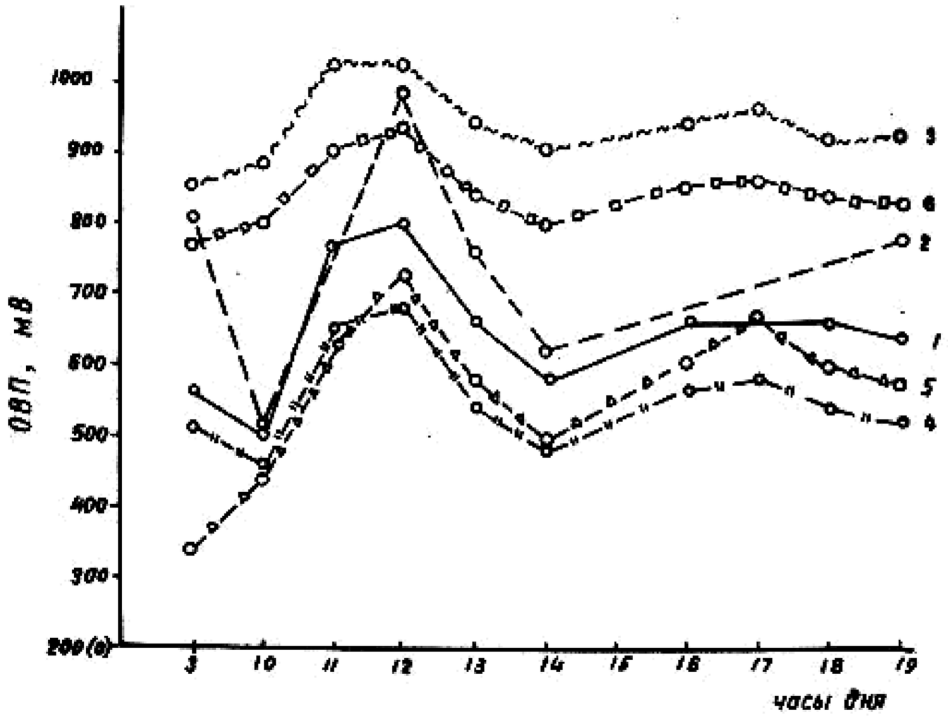


Рис.22. Динамика ОВП в течение дня в осушаемых дерново-глееватых почвах поймы р. Чулыма (28.06.79): 1-слой 0-5 см; 3 - слой 20-30см; 4 - слой 50-60 см; 5 - слой 90-100 см; 6 - слой 180-200 см.

В заключение остановимся на влиянии 6-летнего интенсивного осушения на ОВ-режим дерново-глееватых почв низкой поймы на варианте с мелким дренажем 0,8 х 16 м, влажность почв на котором самая высокая. В течение первых 3-х лет отмечается установление ОВП в верхнем полуметровом слое почвенного профиля в пределах 400-700 мВ, глубже - 200-500 мВ. В дальнейшем ОВП в почвенном профиле мощностью 2 м принимает значение от 500 мВ и выше. При вариантах глубокого дренажа 1,6 х 16 м и 1,3 х 16 м ОВП характеризуется еще более высокими значениями.

Таким образом, ОВ-режим дерново-глееватых почв низкой поймы в условиях осушения существенно меняется, что особенно ярко прослеживается на примере лугово-болотных оторфованных почв, которые входят составной частью в структуру почвенного покрова низкой поймы, и свойства которых при проектировании осушительной сети совершенно не учитываются. Верховодка в лугово-болотных оторфованных почвах в отличие от преобладающих в структуре почвенного покрова осушаемого участка дерново-глееватых почв, находится в пределах почвенного профиля (1-2 м) до конца вегетационного периода. Однако же дренаж, рассчитанный на осушение дерново-глееватых почв, междренное расстояние на которых принимается равным 16 м, трансформирует ОВ-условия лугово-болотных оторфованных почв, междренное расстояние на которых должно быть не менее 25 м. Уже через год после действия дренажа ОВ-условия в данных почвах становятся резко окислительными (рис 23). Отсюда совершенно очевидно нарушение эколого-генетических условий в лугово-болотных оторфованных почвах, и в них достоверно прогнозируется минерализация органического вещества.

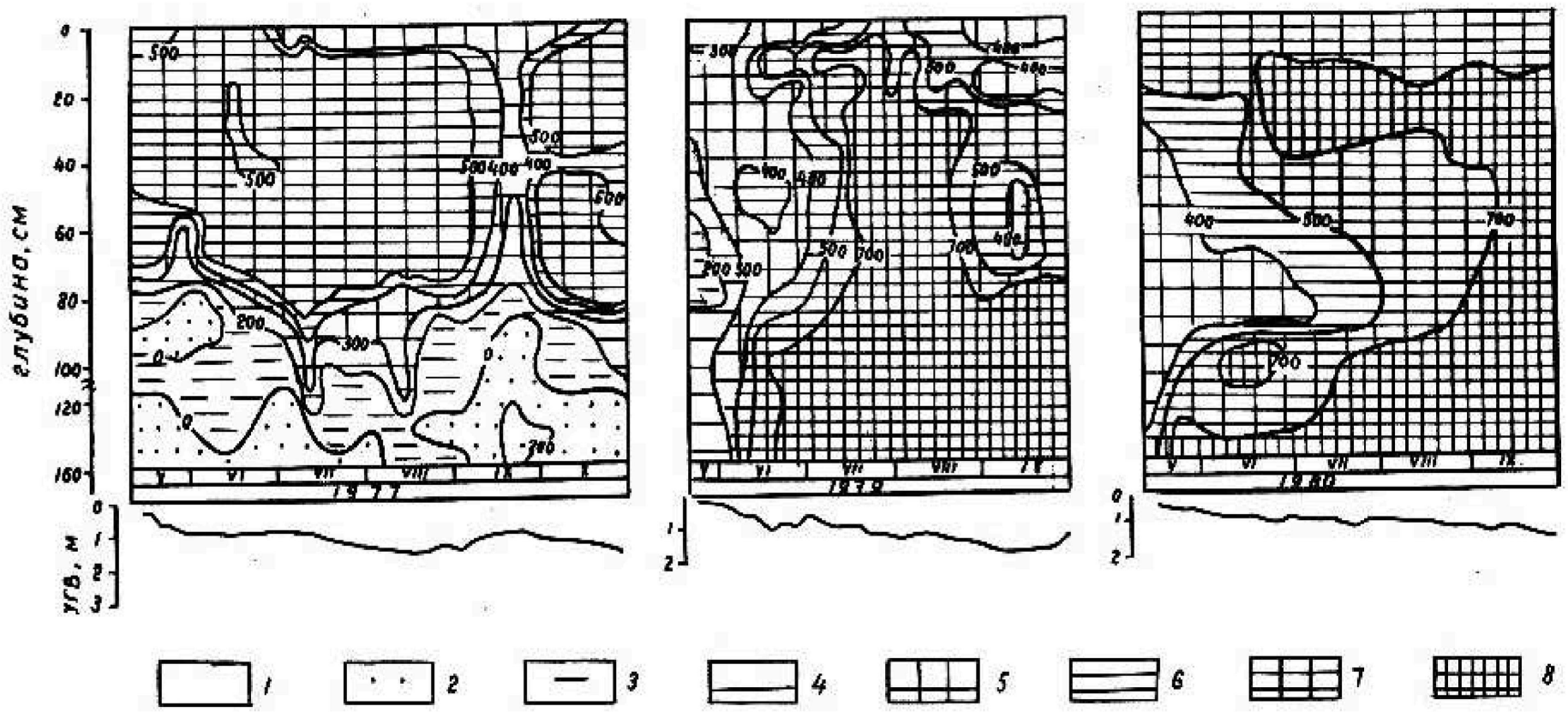


Рис. 23. Динамика ОВП в осушаемых лугово-болотных оторфованных почвах поймы р. Чулыма:

1) менее - 200 мВ; 2) - 200 - 0 мВ; 3) 0 - 200 мВ; 4) 200 - 300 мВ
5) 300 - 400 мВ ; 6) 400 - 500 мВ; 7) 500 - 700 мВ; 8) более 700 мВ.

Динамика ОВП в торфяных почвах. По сравнению с минеральными торфяные почвы имеют ряд особенностей, которые играют важную роль в формировании ОВ-режима. Это, прежде всего, обилие органического вещества, которое по количеству превышает минеральную часть почвы (до 60-90%), а также высокое содержание химических элементов переменной валентности. Наиболее полные сведения об окислительно-восстановительных процессах в мелиорируемых торфяных почвах пойм европейской части Союза и факторах, влияющих на их напряженность, изложены в работах И.Н.Скрынниковой (1956, 1961, 1962), Н.С.Докучаева (1969, 1983). По ОВ-состоянию торфяных почв Сибири известны работы И.И.Гантимурова (1958, 1969), В.М.Козловского (1959), М.С.Сиухиной (1980, 1982), Т.Т.Ефремовой (1977, 1978а, 1978б). Однако предметом исследования ученых Сибири являлись торфяные почвы террас и водоразделов, динамика ОВП пойменных торфяных почв не изучалась. Нами ОВ-состояние торфяных почв пойм исследовалось на осушенном и неосушенном вариантах.

Динамика ОВП в неосушенных торфяных почвах. Затрудненный воздухообмен отмечается в почвенном профиле неосушенных торфяных почв на протяжении всего вегетационного периода (табл. 52). Ниже 60 см в данных почвах отмечаются анаэробные условия. Только в сентябре (в конце периода вегетации) средние значения воздухоносной порозности свидетельствуют о возможном смещении ОВ-условий в сторону окислительных процессов. В сухой год 60-сантиметровый слой неосушенных торфяных почв освобождается от избытка влаги в июле, и в корнеобитаемой зоне (0-30 см) устанавливаются значения ОВП выше 200 мВ, а в сентябре изоплета в 200 мВ опускается до 80 см (рис.24).

Осушение создает контрастность воздухоносной порозности (таблица 53). Считается, что наиболее благоприятные условия для произрастания сельскохозяйственных культур создаются на мелиорируемых почвах при воздухоносной порозности от 20 до 40% [Панов, Шишков, 1971]. В течение всего вегетационного периода ее значения изменяются в метровом почвенном профиле осушаемых торфяных почв от нуля до 50-70%.

По ОВ-условиям в профиле данных почв выделяются 3 зоны:

1) окислительная - в слое 0-60 см;
2) переходная - в слое 60-80 см;
3) восстановительная - глубже 80 см (рис.25).

Отмечаемая неоднородность ОВ-условий заслуживает особого внимания. Если в рассматриваемых ранее дерново-глееватых почвах низкой поймы почвенный профиль характеризуется резко окислительными условиями, то в окислительной зоне торфяных почв образуются микрозоны анаэробных условий, а в восстановительной зоне - окислительных условий (см. рис. 25). Достоверность этого подтверждается информационно-логическим анализом, согласно которому вероятность появления определенных значений ОВП по глубине почвенного профиля оценивается как отношение частоты их появления и общей частоты измерения (табл.47).

Вероятность появления восстановительных условий в верхней части профиля крайне мала (P_{ai} = 0,014 - 0,130), что свидетельствует о преобладании в данном слое окислительных условий со значениями ОВП 401-600 мВ и переменно ОВ-условий с ОВП 201-400мВ (P_{ai} соответственно равен 0,410 и 0,390). Но с глубиной вероятность появления восстановительных условий в осушаемых торфяных почвах увеличивается. На основании проведенного анализа выделяется также слой 40-60 см по широкому диапазону ОВП, о чем свидетельствуют значения вероятности.

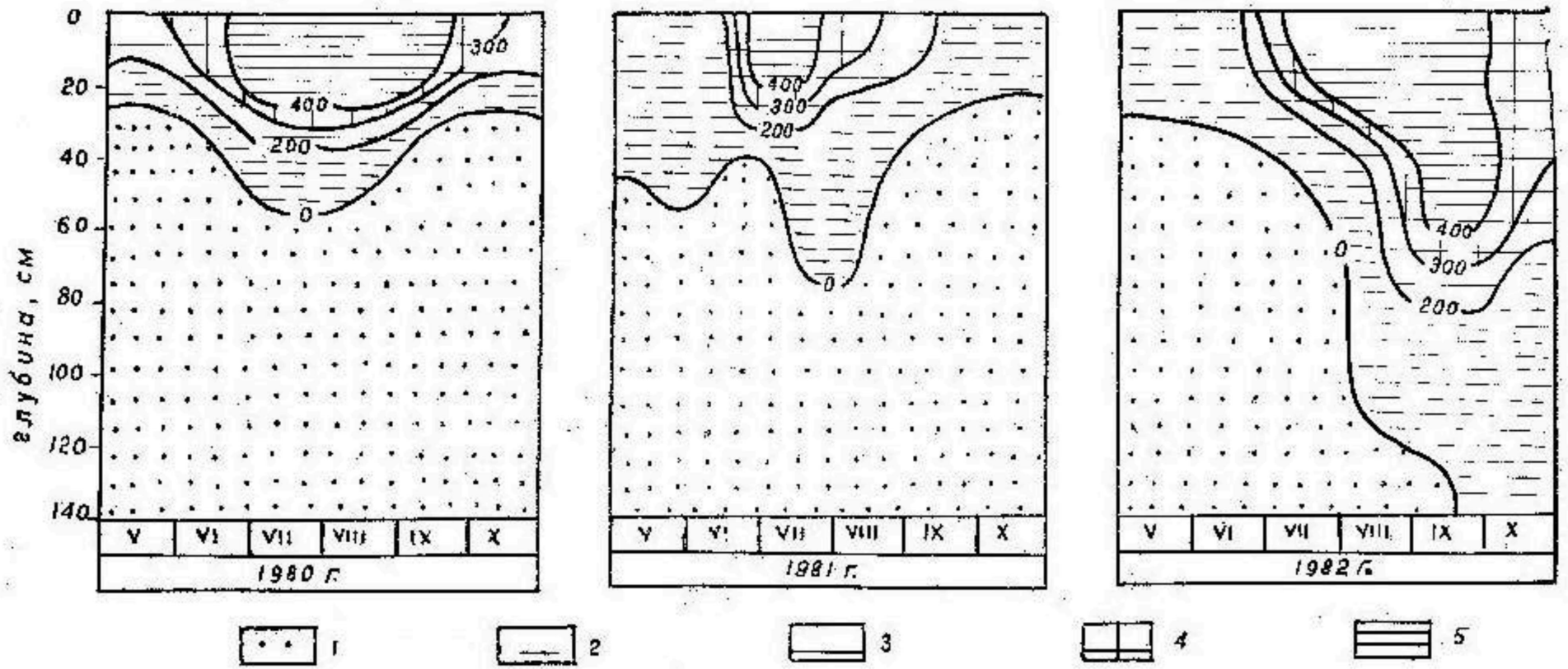


Рис. 24. Динамика ОВП в неосушенных торфяных почвах поймы р. Чулыма: *1* — (—200)—0 мВ; *2* — 0—200 мв; *3* — 200—300 мВ; *4* — 300—400 мВ; *5* — 400—500 мВ

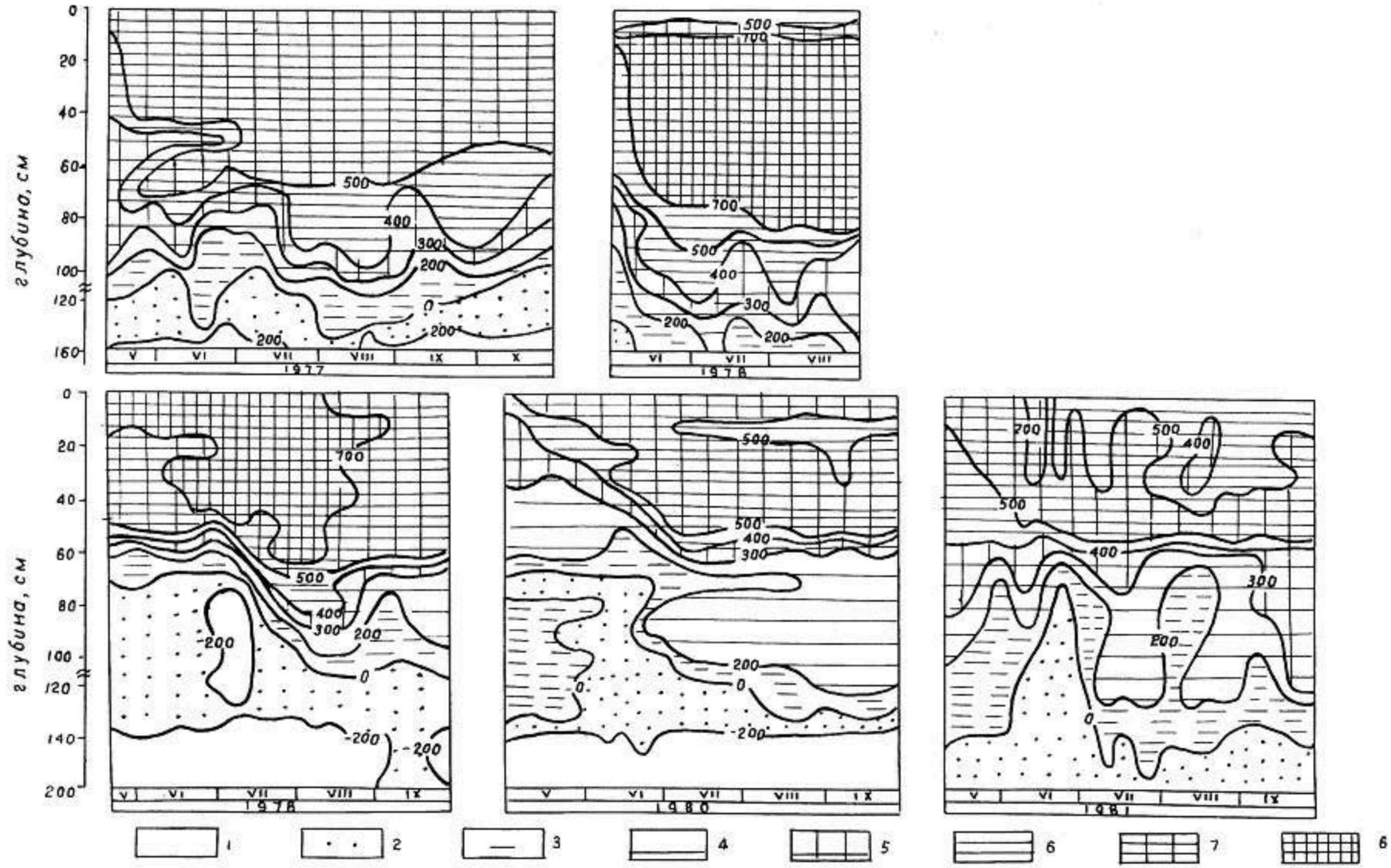


Рис. 25. Динамика ОВП в осушаемых торфяных почвах поймы р.Чулыма:

1–менее – 200мВ; 2--200-0 мВ; 3-0-200мВ; 4-200-300 мВ;5-300-400 мВ;
6– 400-500 мВ; 7– 500-700 мВ; 8-более 700 мВ

Таблица 47

Значения вероятности (Pai) появления определенного ранга ОВП в осушаемых торфяных почвах (Старикова, 1984)

Глубина, см	ОВП, мВ				
	<0	0 -200	201 - 400	401 - 600	более 601
0-20	-	0,014	0,300	0,410	0,270
20-40	-	0,130	0,390	0,280	0,200
40-60	0,006	0,120	0,400	0,350	0,120
60-80	0,191	0,200	0,390	0,090	0,020
80-100	1,42	0,250	0,260	0,026	0,003

Контрастность ОВ-условий в торфяных почвах подтверждается и низкой буферностью почв - 37 мВ/сут, причем в первые два дня после затопления ОВП снижался на 75 мВ/сут, в следующие четыре дня - по 55 мВ/сут. В отличие от рассмотренных выше дерново-глееватых почв низкой поймы снижение ОВП в торфяных почвах поймы происходит до отрицательных значений, и данный режим поддерживается еще в течение 10 дней после прекращения затопления (рис. 26).Следовательно, затопление по-разному влияет на ОВ-состояние в зависимости от присущего ему ОВ-режима и типа почв.

Одним из существенных факторов, оказывающих влияние на ОВ-процессы, считается содержание в почвах органического вещества, что подтверждается определением ОВП в безгумусных образцах породы в условиях затопления [Гречин, Курлыкова, 1962; Кауричев, 1965]. Возьмем ряд почв с разным качественным составом гумуса: чернозем обыкновенный, серые лесные, дерново-подзолистые, дерново-глееватые и торфяные почвы пойм. Последние, сильно отличаясь по ОВ-условиям, при затоплении оказались идентичными серым лесным почвам (рис. 26-28), занимающим промежуточное положение между черноземами и дерново-подзолистыми почвами по количеству и качеству гумуса. Однако ОВ-режим дерново-подзолистых почв, характеризующихся самым низким содержанием гумуса в ряду автоморфных почв, в первые дни после затопления, меняется на восстановительный очень медленно (за 23 дня ОВП снизился до 20 мВ), и ОВП принимает наименьшие значения 170 мВ. В то время как подобные значения ОВП наилучших по содержанию и качеству гумуса почв - черноземов - равны 100 мВ (см. рис. 28). Можно объяснить резкое и устойчивое снижение ОВП в затопленных торфяных почвах высоким содержанием полуразложившегося растительного остатка, однако исследованиями Е.И.Горшковой (1972) и И.С.Кауричева и других (1975) доказано, что резкое снижение ОВП происходит при условии содержания свежего органического вещества, но легкодоступного для микрофлоры. Исследуемые же торфяные почвы сложены древесно-осоковым хорошо разложившимся торфом, доступность которого для микрофлоры мала.

Более достоверно высказанное Ф.Р.Зайдельманом (1969) положение, что степень гидроморфности почв определяет их устойчивость к возникновению анаэробиозиса. Тогда гидроморфные, а затем полугидроморфные почвы являются наименее буферными в отношении изменения ОВ-условий, и наступление условий анаэробиозиса вызывает в них более сильное и продолжительное снижение ОВП. Последнее место в ряду гидроморфных почв по равновесию ОВ-режима принадлежит, по-видимому, торфяным почвам.

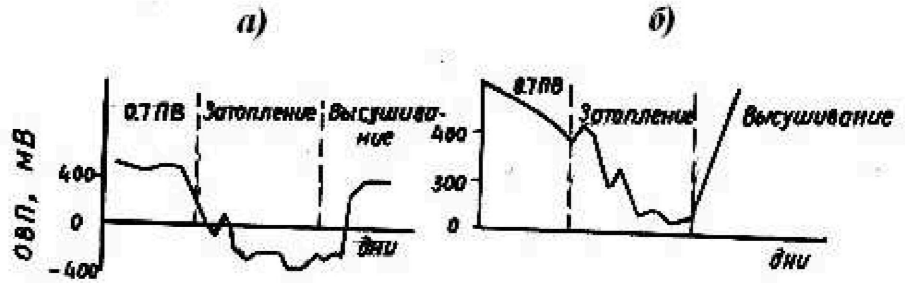


Рис. 26. Динамика ОВП пахотного слоя почв: а - торфяные; б - дерново-глееватые

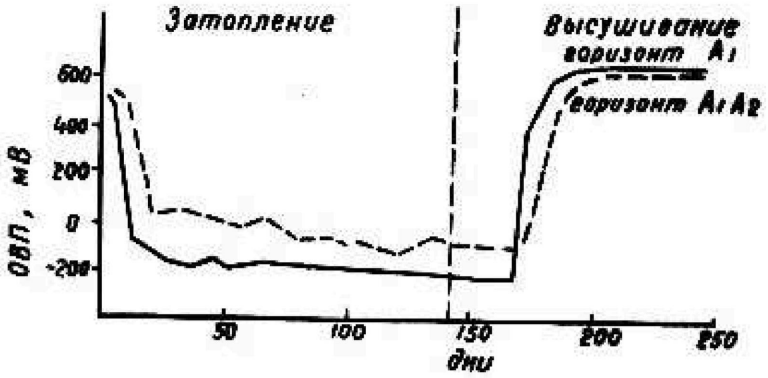


Рис. 27. Динамика ОВП образцов серой лесной почвы в режиме переувлажнение-высушивание [Тарарина, Бирюкова, 1976]

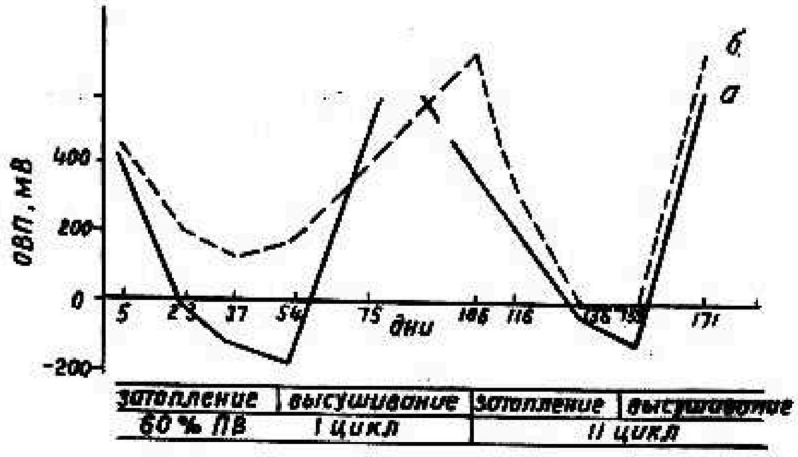


Рис. 28. Динамика ОВП дерново-подзолистой почвы (а); чернозем обыкновенный (б) [Зайдельман, 1969]

Рассмотрим ниже ОВ-режим торфяных почв в условиях разной степени осушения в годы 92-, 50-, 99- и 35-процентной обеспеченности осадков. Период интенсивного осушения торфяных почв, включающий и осушение закрытым дренажем, исчисляется с 1977 г. Однако наибольшая порозность отмечалась в первый год осушения и в засушливый 1980 г. Таким образом, в хорошо водопроницаемых исследуемых торфяных почвах дренаж сработал в первый же год действия, в последующие годы на действие дренажа оказывала влияние длительность подпора от реки, количество атмосферных осадков за сезон и их распределение во времени.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что на степень освобождения почвенных пор от влаги в большей мере влияет глубина закладки дрен. Воздухоносная порозность почв

при дренаже 1,3 х 25 м в среднем на 10-20% выше по сравнению с менее осушенным вариантом.

В отношении же ОВП не прослеживается подобной четкой закономерности Резко восстановительные условия (ОВП принимает отрицательные значения) с глубины 80 см отмечаются и в средний по количеству атмосферных осадков год (1979) и вовлажный (1981). В то же время на варианте дренажа 0,8 х 12 м во влажный год отмечалось самое глубокое в почвенном профиле положение изоплеты в нуль мВ (до глубины 130 см). Не согласуются с воздухоносной порозностью и ОВП верхнего (0-60 см) слоя почв. При мелком дренаже (0,8 х 25 м) почвы с низкими значениями воздухоносной порозности имеют более высокие значения ОВП. Если сравнить ОВ-состояние неосушенных (рис. 28-29) и осушенных торфяных почв, то в первых преобладают анаэробные условия и только ОВП в верхнем корнеобитаемом слое в засушливые периоды принимает значения 400 мВ и выше. Диапазон значений ОВП в осушаемых торфяных почвах в слое 0-60 см, как отмечалось ранее, очень широк (в пределах 200-800 мВ): от окислительно-восстановительных до резко окислительных. Таким образом,воздействие осушения на торфяные почвы очень существенно, оно изменяет ОВП на 1000 мВ: от -200 до +800 мВ.

Оценка окислительно-восстановительного состояния мелиорируемых почв пойм. Из проведенных нами наблюдений следует, что ОВ-режим мелиорируемых почв поймы характеризуется невысокими средними значениями ОВП, на что ранее обратил внимание Г.В.Добровольский (1969). В исследуемых дерновых и дерново-глееватых почвах центральной части поймы р.Томи, характеризующихся хорошей порозностью аэрации и высокой водопроницаемостью (до 4 м/сут), ОВП на протяжении вегетационных периодов изменяется от 200 до 600 мВ с преобладанием величин 300-400 мВ (табл. 48). Низкие значения ОВП наблюдаются только в пахотном слое, что, по-видимому, объясняется активной ферментативной деятельностью в зоне корневых выделений.

При орошении нормой полива 300 и 400 кубических метров на гектар влажность дерновых почв высокой поймы постоянно поддерживается на уровне 0,7-0,8 ППВ, ОВП при этом увеличивается до 300-700 мВ. Орошение почв вызывает увеличение ОВП в среднем по профилю на 50 мВ. Дерново-глееватые почвы притеррасной части высокой поймы имеют среднее значение ОВП на 50 мВ ниже, чем дерновые. Однако орошение также увеличивает ОВП почв. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что хорошо выраженные буферные свойства автоморфных почв пойм благоприятствуют сохранению окислительных условий и при непродолжительном затоплении, которое наблюдается при интенсивном снеготаянии и наложении атмосферных осадков на полив. Это отличает пойменные почвы от водораздельных, характеризующихся, как правило, неблагоприятными водно-физическими свойствами. Даже незначительный избыток влаги в почвах водоразделов сопровождается существенным понижением ОВП. Так, М.М.Кононовой (1932), а также И.П.Сердобольским и П.И.Шаврыгиным (1950) установлено, что при поливе сероземных и сероземно-луговых почв ОВП верхнего 50-сантиметрового слоя в течение 2-7 дней уменьшается на 150-200 мВ и только на 10-15-ый день Eh начинает постепенно возрастать до исходной величины.

Рассмотрим ОВ-состояние осушаемых гидроморфных почв поймы, в которых на протяжении 10-летнего периода искусственно поддерживается окислительный режим. Влажность осушаемых почв в мае - первой половине июня и сентябре находится в пределах 0,7-0,9 ПВ. В остальной период отмечается дефицит влаги. В средние и сухие по влагообеспеченности годы влажность верхнего полуметрового слоя снижается до 0,4 ПВ. Причем низкие значения ОВП в осушаемых дерново-глееватых почвах отмечаются и в условиях резкого дефицита влаги и соответственно высокой воздухоносной порозности (1980 г.). ОВП в метровом слое осушаемых дерново-глееватых почв низкой поймы на 100-120 мВ выше по сравнению с аналогичными почвами высокой поймы (см. табл. 48). Отсюда следует, что осушение оказывает кардинальное влияние на изменение ОВ-режима почв низкой поймы. Надо полагать, что это та степень воздействия, которая

изменяет ход естественных процессов в почвах. Особенно следует отметить торфяные почвы, для которых характерна окислительная среда в верхней части профиля и резко восстановительная - глубже 60 см (табл. 49). Как нами было доказано, в почвенном профиле формируется контрастный ОВ-режим вследствие возникновения микрозон с анаэробными условиями [Инишева, 1985].

Таблица 48

ОВП в мелиорируемых почвах, мВ

Почва	Слои, см					
	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы
	0-50		50-100		100-200	
Дерновая неорошаемая(центральная пойма Томи)	400	200-600	350	300-500	350	250-550
Дерновая орошаемая (центральная пойма Томи)	430	300-700	450	350-700	Не определяли	
Дерново-глееватая (притерасная пойма Томи)неорошаемая	350	200-500	350	.300-500	250	220-530
Дерново-глееватая орошаемая (притеррасная пойма Томи)	450	400-500	320	280480	300	100-430
Дерново-глееватая осушаемая (центральная пойма Кии, приток Чулыма)	470	140-600	450	300-700	Не определяли	
Торфяная осушаемая (притеррасная пойма Кии, приток Чулыма)	340	180-600	ИЗ	(-150)-363	Не определяли	

Появление данных микрозон может представлять собой остаточное сопротивление гидроморфной почвы на изменение биологического равновесия. В целом, согласно И.С.Кауричеву (1979), почвы центральной и притеррасной частей высокой (редкозаливаемой) поймы, а также минеральные почвы центральной части осушаемой низкой поймы относятся к типу с господством окислительных процессов, а торфяные почвы притеррасной части осушаемой низкой поймы - к типу с контрастным ОВ-режимом и подтипу с устойчивыми восстановительными процессами в нижней части профиля.

Таблица 49

Динамика ОВП в осушаемых почвах во влажные (1978), средние (1979) и сухие (1980) годы, мВ

Слой, см	Годы	Месяцы									
		Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы
Дерново-глеевые почвы											
0-50	1979	380	100-540	510	120-650	550	200-750	550	290-750	370	115-550
	1980	400	150-570	450	100-550	325	100-550	470	150-580	480	100-600
50-100	1979	270	80-520	320	290-650	400	190-750	500	270-750	360	250-550
	1980	530	490-580	520	420-580	530	420-650	550	510-580	540	420-600
Торфяные почвы											
0-50	1978	340	60-540	590	210-750	410	180-730	370	180-740	580	190-690
	1979	435	400-540	500	200-640	570	180-760	610	425-750	410	350-525
	1980	220	40-460	270	0-150	360	221-500	290	160-450	340	330-460
50-100	1978	91	(-10)-350	420	150-720	560	161-730	540	210-760	510	180-640
	1979	(-220)	(-430)-10	(-270)	(-400)-330	(-10)	(-325)-630	260	(-210)-640	40	(-210)-4
	1980	(-150)	(-400)-100	(-220)	(-420)-75	6	(-244)-100	45	(-20)-110	55	20-130

Связи между ОВП и отдельными окислительно-восстановительными системами. Почва - яркий пример многокомпонентной системы, где одновременно с разными скоростями протекают реакции окисления/восстановления разной природы. Из многочисленных работ известно, что ОВП почв определяется не только активностью окислительных и восстановительных форм обратимых систем, но и кинетическими константами необратимых ОВ-реакций (рис. 29). К этому следует добавить сложный комплекс химических реакций, включающих процессы синтеза/ресинтеза органических веществ в почвах, а также микробо-энзимологические превращения. Электрохимическая и кинетическая природа ОВП изложена в ряде работ [Некрасов, 1934; Фрумкин, 1952; Феттер, 1967; Кауричев, Орлов, 1982]. В почве действуют одновременно множество факторов, и, следовательно, четко определить комплексные показатели, суммирующие изменения условий среды - труднейшая задача.

В качестве потенциалопределяющих систем в почве присутствуют кислород почвенного воздуха, железоорганические комплексы CFe^{3+} -CFe^{2+} , окисные и закисные формы железа Fe^{3+} - Fe^{2+} , соединения серы SO_4 – H_2S, различные органические ОВ-системы, R-COOH, окисленные и восстановленные формы азота NH^{4+}, NO_2^-, NO_3^- [Кауричев, Орлов, 1982]. В результате многочисленных исследований установлено, что одним из главных факторов, влияющих на ОВ-условия в почвах, является гидротермический режим. Как указывалось выше, зависимость ОВП от влажности отмечается многими исследователями [Нгуен Ви, 1968; Ларешин, Илюхин, 1970 и др.]. Известно, что в почвах с плохими водно-физическими и фильтрационными свойствами даже незначительное увеличение влажности вызывает резкое снижение ОВП, то есть между ОВП и влажностью наблюдается функциональная зависимость с высоким коэффициентом корреляции [Зурухов, 1964; Patric, Tuner, 1968; Resulovic, 1970; Орлов, 1970].

В дерновых почвах высокой поймы отмечается слабая положительная связь между влажностью и ОВП в поверхностном слое. Причем значения коэффициентов корреляции с течением времени увеличиваются (табл. 50). С глубиной данные коэффициенты меняют знак, и со временем связь ослабевает. Таким образом, в верхних горизонтах почв ОВП только на 16% определяется влажностью, с глубиной зависимость от влажности усиливается и становится обратной. Кроме того, наибольший коэффициент корреляции отмечается при одновременном определении данных параметров. На 5-ый и 10-ый день данная связь ослабевает (соответственно -0,92, -0,52 и -0,36 между слоями 0-10 и 120-140 см и -0,91, -0,62 и -0,43 между одноименными слоями 120-140 см) (см. табл. 50). В дерново-глееватой почве высокой поймы связь между ОВП и влажностью незначительна в слое 0-40 см и практически отсутствует в нижних горизонтах (см. табл. 50).

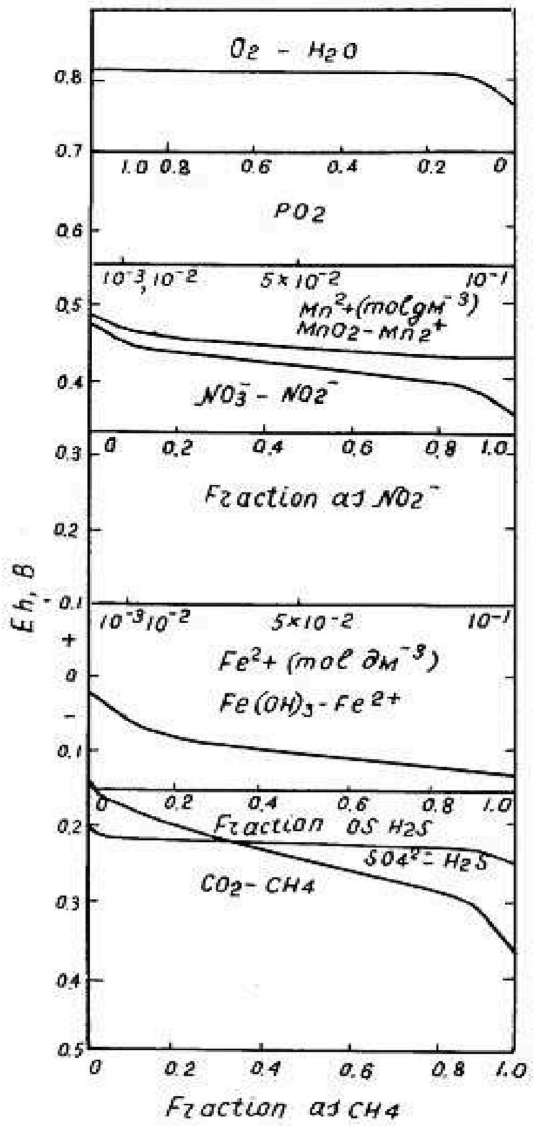


Рис. 29. Связи между ОВП и важнейшими ОВ-системам в почвах [Rowell, 1981]

Таблица 50

Матрицы коэффициентов парной корреляции влажности и ОВП в пойменных почвах

Контролируемые величины		Влажность					
		1	2	3	4	5	6
ОВП	Дерновая почва						
	1	-	-	0,16	0,21	0,31	0,48
		0,30	0,17	0,38	0,14	0,33	0,36
		0,41	0,45	0,50	0,12	0,32	0,34
	3	-0,42	-0,27	-0,28	-	-0,32	-0,24
		-0,35	-0,31	-0,17	-	-0,14	-0,20
		0,14	0,15	-	-	0,16	-
	4	0,20	-	0,23	0,23	0,33	0,40
		0,21	0,15	0,30	0,24	0,25	0,31
		0,41	0,43	0,42	0,14	0,28	0,39
	5	-0,17	-0,24	-	-0,35	-0,28	-0,26
		-0,16	-0,17	-	-	-	-0,12
		0,08	-	0,12	-	0,19	-
	6	-0,92	-0,41	-0,53	-0,13	-0,69	-0,91
		-0,52	-0,40	-0,52	-0,10	-0,38	-0,62
		-0,36	-0,28	-0,45	-0,11	-0,21	-0,43
ОВП	Дерново-глееватая почва						
	1	-0,16	-	-	0,13	0,28	
		-	-0,20	0,12	0,21	0,28	
		-	0,16	0,1	-	0,11	
	2	-0,40	-0,31	-0,27	-0,22	-	
		-0,34	-0,18	-0,27	-0,24	-0,13	
		-0,30	-0,15	-0,18	-0,15	-0,12	
	3	-0,32	-0,36	-0,40	-0,30	-0,20	
		-0,41	-0,31	-0,26	-0,20	-	
		-0,38	-0,22	-0,30	-0,27	-0,17	
	4	-	-	-	-	0,18	
		-0,14	-	0,11	0,15	0,24	
		-	0,20	0,11	0,17	0,21	
	5	-0,11	-0,3	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
		-0,13	-	-	-	-	

Примечание: $r_{крит}$ = 0,30, n = 44; 1- 0–10 см; 2 – 10–20 см; 3 - 30–40 см; 4 – 60–70 см; 5 – 90-100 см; 6 – 120-140 см; 0,16; 0,38; 0,50 – коэффициенты автокорреляции соответственно в 1-й срок (одновременное определение) и при сдвижке во 2-й (10 дней) и 3-й сроки (15 дней); знак «-« означает, что коэффициент корреляции по абсолютной величине меньше 0,1.

Для выяснения зависимости ОВП от атмосферных осадков были определены коэффициенты корреляции между ОВП по слоям и количеством осадков в день выпадения, их суммой последовательно за 2, 3, 4 и 5 дней до измерения ОВП. Полученные результаты свидетельствуют о наличии слабой связи между

рассмотренными показателями, наибольший коэффициент корреляции равен 0,26. Таким образом, изменение влажности почв не является решающим фактором для изменения ОВ-условий в почвах высокой поймы. Среди обширной литературы, посвященной озучению ОВ-состояния почв, сведения о влиянии на ОВП температуры практически отсутствуют. Можно лишь указать работу И.С.Кауричева и Н.Н.Малий (1973), которые провели лабораторный опыт по изучению роли гидротермических условий в развитии ОВ-процессов.

В гумусированных почвах пойм с высокой биогенной способностью температура, безусловно, влияет на окислительно-восстановительные процессы. Однако коэффициенты корреляции между данными параметрами характеризуются невысокими значениями: для дерновой почвы коэффициент равен 0,33 (n = 846, r крит. = 0,66 при 5-процентном уровне), для дерново-глееватой почвы - 0,27 (n = 567, r крит. = 0,08). Как уже отмечалось, ОВП определяется также поведением соединений железа, марганца, азота, формы которых прямо связаны с направленностью ОВ-процессов.

Для выяснения степени участия каждого компонента в данных процессах были определены зависимости в почвах высокой поймы для 6 переменных (ОВП, влажность, железо двух- и трех-валентное, марганец, нитратный азот) по 5 уравнениям:

1. Eh = 2,47Mn + 0,07 Fe + 2,18Fe - 5,76No + 11,83W;
2. Eh = 0,12(Mn) + 0,007(Fe) + 0,003(Fe) -
   - 0,64(NO) + 0,34(W) ;
3. Eh = 0,004 1/Mn + 42,64 1/Fe - 10,69 1/Fe -
   - 0,01 1/NO + 979,76 1/W;
4. ln(Eh) = - 0,03 ln(mn) + 0,014 ln(Fe) -
   - 0,107 ln(Fe) - 0,038 ln(NO) + 1,79 ln(W);
5. ln(Eh) = 0,57 ln(Mn) + 0,0017Fe + 0,023Fe -
   - o,135 NO + 0,159W.

Расчеты проведены для 125 значений каждой из 6-ти переменных. Критерий Фишера F для 5-процентного уровня значимости соответственно равен 2,29. Критерий существенности для коэффициентов множественной корреляции определяется по соотношению (1)

$$1)\quad F = \frac{R}{1 - R} \left(\frac{n - k}{k - 1}\right), \text{ где}$$

R - коэффициент множественной корреляции;

n - число значений переменной;

k - количество переменных.

Критерий существенности для коэффициентов множественной корреляции уравнений 1-5 соответствует следующим значениям:

- уравнение 1 - 3,00;
- уравнение 2 - 3,24;
- уравнение 3 - 1,53;
- уравнение 4 - 2,39;
- уравнение 5 - 2,76.

Сравнивая полученные результаты с теоретическим значением F , можно сделать вывод, что коэффициенты множественной корреляции связей в уравнениях 1-2 и 5 являются значимыми. По количеству дополнительной информации, вносимой каждой из переменных, наиболее важными являются Mn и Fe^{2+}.

Следует отметить, что приведенные факты свидетельствуют о сложных и многопараметрических зависимостях между почвенными условиями и ОВП.

В настоящее время появились работы, свидетельствующие о влиянии микробобиохимических процессов на ОВ-режим. Так, В.Н.Воиновой (1980) получены зависимости между ОВП и оксидоредуктазами, выражаемые высокими значениями

коэффициентов корреляции. Рассмотрим данное положение при анализе ОВП почв низкой поймы, где проводились микробо- и энзимологические исследования. На основании проведенного нами информационного анализа была определена вероятность значений ОВП в осушаемых торфяных почвах низкой поймы в зависимости от глубины профиля. Для этого, принимая во внимание, что величина ОВП в 200 мВ является границей восстановительных и окислительных условий (Сердобольский, 1940; Дедков, 1981), весь диапазон значений ОВП был разбит на следующие ранги:

I - интенсивно восстановительные условия - ОВП < 0 МВ;

II - восстановительные условия - ОВП - 0-200 МВ;

III - переходные условия от восстановительных к окислительным - ОВП = 200-400 мВ;

IV - окислительные условия - ОВП = 400-600 мВ;

V - интенсивно окислительные условия - ОВП > 600 мВ.

Вероятность появления восстановительных условий в осушаемой торфяной почве увеличивается с глубиной (табл. 51). Если, например, данная вероятность в верхней части профиля (0-60 см) крайне мала (Pai = 0,043-0,117), что свидетельствует о преобладании здесь окислительных и переходных от окислительных к восстановительным условиях со значениями ОВП от 200-400 мВ до 400-600 мВ и больше, то с глубины 60-80 см происходит значительное увеличение вероятности появления восстановительных условий (Pai = 0,572) с преобладанием в данной части профиля переходных условий с ОВП 200-400мВ. Очевидно, именно на данной глубине происходит смена окислительных процессов на восстановительные, а на глубине 80-100 см господствуют анаэробные условия с ОВП 0-200 мВ и меньше.

Таблица 51

Вероятность ОВП в осушаемых торфяных почвах

Глубина, см	Вероятность, Pai				
	<0	0 -200	201 -400	401 - 600	более 600
0-20	-	0,043	0,362	0,345	0,250
20-40	-	0,117	0,421	0,252	0,210
40-60	-	0,082	0,406	0,442	0,070
60-80	0,196	0,154	0,572	0,075	-
80-100	0,374	0,274	0,354	-	-

Водно-воздушный режим является главным фактором, определяющим динамику ОВ-условий и, как следствие, изменение в системах Fe^{3+}---Fe^{2+} и $NH_1^+ \rightarrow NO_3$- . Проведенный нами информационный анализ позволил определить степень влияния влажности и температуры почвы на ОВП и оценить "обратную" связь между вышеназванными системами и ОВП (табл. 52).

Таблица 52

Коэффициент эффективности передачи информации и информативность от различных факторов к ОВП в торфяных почвах

0-20	Аммонийный азот	0,399	0,229
	Окисное железо	0,321	0,171
	Влажность почвы	0,300	0,131
	Закисное железо	0,166	0,090
	Температура почвы	0,035	0,076
20-40	Закисное железо	0,278	0,152
	Окисное железо	0,242	0,126
	Аммонийный азот	0,148	0,093
	Влажность почвы	0,144	0,063
	Температура почвы	0,036	0,019
40-60	Влажность почвы	0,316	0,147
	Закисное железо	0,204	0,101
	Аммонийный азот	0,087	0,059
	Температура почвы	0,096	0,057
	Окисное железо	0,080	0,048
60-80	Температура почвы	0,335	0,234
	Влажность почвы	0,335	0,159
	Закисное железо	0,226	0,114
	Окисное железо	0,120	0,067
	Аммонийный азот	0,069	0,046
80-100	Закисное железо	0,314	0,152
	Температура почвы	0,126	0,113
	Влажность почвы	0,226	0,104
	Окисное железо	0,136	0,093
	Аммонийный азот	0,069	0,044

Установлено, что в зоне окисления осушаемых торфяных почв (0-60 см) наибольшее влияние на ОВП оказывают изменения концентраций аммонийного азота, окисного железа и влажности почвы. Наиболее сильное влияние аммонийный азот оказывает в интервале значений ОВП от 0-200 до 400 мВ. При преобладании окислительных условий в верхней части осушаемых торфяных почв на ОВ-условия не влияют даже высокие (более 90 мг/100 г почвы) концентрации аммонийного азота.

Наибольшая сила связи окисного железа и ОВП отмечается в интервале значений ОВП от 200 до 400 мВ, когда система Fe^{3+}---Fe^{2+} характеризуется неустойчивостью. Следует отметить, что влияние на ОВП аммонийного азота и окисных форм железа снижается вниз по профилю почвы, о чем свидетельствует уменьшение К и информативности данных факторов (см. табл. 52). Влияние влажности наоборот увеличивается с глубиной, что подтверждается возрастанием величины К . Наибольшее влияние на ОВП оказывает как снижение влажности менее 60% ПВ, так и ее увеличение более 90% ПВ. Но если в зоне окисления при высокой влажности осушаемых торфяных почв сохраняется окислительная обстановка, то в зоне восстановления возрастание влажности вызывает снижение ОВП до отрицательных значений. Указанное снижение влажности до 60% ПВ вызывает смещение ОВ-условий в сторону преобладания аэробных процессов как в зоне окисления, так и в зоне восстановления.

В зоне восстановления осушаемых торфяных почв (60-100 см) наибольшее влияние на ОВП оказывают температура, влажность почвы, а также концентрация закисного железа (см. табл.52). Увеличение температуры почвы в нижней полуметровой толще, как правило, вызывает изменение ОВ-условий: снижение ОВП до значений 200-400 мВ и меньше. Закисное железо оказывает влияние на ОВП по всему профилю данных почв, но наиболее сильное - в зоне восстановления. Увеличение концентрации

закисного железа более 100 мг/100 г почвы вызывает снижение значений ОВП до 200 мВ и меньше.

Таким образом, ОВП является одним из важнейших показателей состояния мелиорируемых почв на каждый момент времени. Кроме того, согласно рассмотренным выше связям между ОВП и элементами окислительно-восстановительного состояния почв, ОВП является и комплексным показателем происходящих в почвах процессов. Его величины отражают соотношение окисленных и восстановленных форм химических элементов и соединений в почвенном растворе, регулируя тем самым процессы количественного и качественного перераспределения вещества.

И.П.Сердобольским (1953) разработана шкала ОВ-условий, которая на первом этапе может служить диагностическим показателем. Однако в настоящее время в практической работе задача оптимизации ОВ-потенциалов не ставится, так как не разработаны ни диапазоны ОВП для разных типов почв, ни приемы достижения и поддержания данных оптимальных уровней. Вместе с тем, ОВ-режим, как показали наши исследования, характеризуется широким диапазоном информативности и высокой чувствительностью к изменениям внешних условий. Следовательно, состояние ОВ-режима почв может быть диагностическим показателем при оптимизации почвенных режимов. Особенно важно, что для определения ОВП разработаны приборы и датчики, последние просты в изготовлении, стационарно закладываются в почву и могут широко применяться на мелиоративных объектах в качестве индикаторов состояния почв. [Инишева, 1975].

Б и о л о г и ч е с к и й р е ж и м. Современный этап развития почвоведения характеризуется повышенным вниманием к биологическим исследованиям почв, что определяется той огромной ролью, которую играет деятельность микроорганизмов и активность ферментов в почвообразовании и жизни почвы. В последнее время в почвенной микробиологии и энзимологии появились новые направления и методы, учитывающие особенности почв. Установлена зональность микробиологических процессов (Мишустин, 1975). Многие исследователи стремятся с помощью данных о микрофлоре и почвенных ферментах диагносцировать как естественное состояние почв, так и изменения, происходящие под влиянием антропогенного воздействия. Подобная направленность исследований способствует углублению генетических аспектов почвоведения. Вместе с тем, в изучении биологических режимов почв и их плодородия большую роль играет определение биокаталитических параметров, что дает возможность направленно регулировать почвенные процессы, создавая оптимальные условия для развития растений и жизнедеятельности микроорганизмов.

Исследования в данном аспекте показали, что микробиологическая и ферментативная активность почв может служить наряду с другими критериями надежным диагностическим показателем для выяснения степени окультуривания почв. Установлена зависимость между активностью микробиологических и ферментативных процессов и осуществлением мероприятий, повышающих плодородие почв. Обработка почвы, внесение в нее удобрений и особенно гидротехническая мелиорация существенно изменяют экологическую обстановку развития микроорганизмов, что неизбежно отражается на напряженности биодинамики почв. Можно предполагать, что степень развития и состав микрофлоры, активность ферментов также могут служить критерием эффективности применяемых мелиоративных приемов.

Установлено, что при осуществлении эффективных приемов химизации и мелиорации, обеспечивающих получение наиболее высоких урожаев сельскохозяйственных растений, в почве происходит активизация биологических процессов, выражающаяся в нарастании численности микроорганизмов, усилении активности почвенных ферментов, интенсивности дыхания и других показателей. Но всегда ли данное воздействие положительно для почвы как биоресурса? Согласно

В.А.Ковде (1989), для природных экосистем характерны следующие принципы нормального функционирования и развития:

- комплексность - экологическое соответствие среде обитания связанных между собой организмов;
- самоуправляемость на основе постоянства притока энергии и последовательного полного потребления созданных новых веществ ("природная безотходная технология");
- расширенное воспроизводство и накопление оптимальных элементов условий существования ведущих растительных популяций.

Педосфера (почвенный покров) является биоэнергетической и биогеохимической системой, обладающей способностью саморазвития, самоуправления и создания режима, который обеспечивает существование растений, животных, микроорганизмов и воспроизводство биомассы живого вещества. Данные фундаментальные принципы существования, деятельности и продуктивности природных экологических систем должны учитываться человеком при мелиоративном воздействии. В зависимости от генетических особенностей почв степень воздействия различных мероприятий на их биологическое равновесие будет различна. Следовательно, особое значение приобретает изучение биологического фактора как значимого критерия оптимизации почвенных режимов в определенных почвенно-климатических условиях.

Динамику биологических процессов рассмотрим на примере осушаемых почв пойм. Характеристика микробоценоза почв (аммонификаторов, олиготрофов, разрушителей безазотистого органического вещества, денитрификаторов и нитрификаторов, восстановителей сульфатов) изучалась на протяжении вегетационных периодов одновременно с отбором проб почв на химический анализ, при этом использовалась методика Института микробиологии АН СССР.

Активность ферментов определялась следующими методами: каталазы - газометрическим методом В.Ф.Купревича, А.Ш.Галстяна; уреазы - методом А.Ш.Галстяна; пероксидазы, полифенолоксидазы - методом А.Ш.Галстяна в модификации А.И.Чундеровой; нитритредуктазы - методом А.Ш.Галстяна, Э.Г.Саакяна; нитратредуктазы - методом А.Ш.Галстяна, Л.В.Маркосяна; сульфатредуктазы - методом А.Ш.Галстяна; ферриредуктазы - методом А.Ш.Галстяна, Н.А.Оганесяна. Все методики изложены в монографии Ф.Х.Хазиева (1976). Пероксидаза и полифенолоксидаза определялись с нашими изменениями [Славнина, Инишева, 1987].

Особенность почв пойм, как было показано выше, заключается в их генетическом коде, суммирующем действие ежегодных паводков в виде наилков, переувлажнения, а также высокой гумусности метрового слоя почвенного профиля. Данные свойства определяют высокую биологическую активность пойменных почв и приспособленность почвенной биоты к гидроморфным условиям. За последние годы накоплены разносторонние данные, отражающие изменения количественного и качественного состава микроорганизмов в осушаемых почвах [Зименко, Мисник, 1970; Зименко, 1977, 1983; Донских, Иванова, 1978; Кожемяков, Власов, 1980; Загуральская, 1982а, 1982б]. Однако полученные результаты в основном относятся к почвам водоразделов и террас.

Наши исследования показывают, что при осушении пойменных почв качественно меняется состав микробоценоза. Так, еапример, увеличивается содержание авктиномицетов, участвующих в более глубоком разложении почвенного органического вещества. Одновременно возрастает количество аммонификаторов, денитрификаторов, клостридий, восстановителей сульфатов, разрушителей клетчатки. Следует также заметить, что содержание микроорганизмов в торфяных почвах изменяется в зависимости от интенсивности осушения (табл. 53).

Таблица 53

Влияние интенсивности дренирования торфяных почв на численность микрофлоры

Группы микроорганизмов	Количество микроорганизмов в 1 $см^3$ почвы		
	Неосушенное болото	Варианты осушения	
		0,8х25 м	1,3х25 м
Аммонификаторы, 10^8	23	30	19
Нитрификаторы, 10^2	2	68	1
Денитрификаторы, 10^7	28	40	45
Клостридин, 10^7	4	10	4
Восстановители сульфатов, 10^7	6	10	7
Разрушители клетчатки - аэробы, 10^4	32	100	70
Разрушители клетчатки - анаэробы, 10^4	6	20	20
Актиномицеты, 10^5	4	100	600
Грибы, 10^6	51	17	10
Олиготрофы, 10^8	27	11	6
Олигонитрофилы, 10^9	15	8	5
Разрушители безазотистого органического вещества, 10^8	30	10	10
Микроорганизмы на среде Чапека, 10^2	68	13	4

Интенсивность процесса минерализации можно оценить по коэффициенту, определяемому из соотношения числа микробов на КАА и МПА. В торфяных почвах более окислительные условия формируются на интенсивно осушенном варианте 1,3х25 м. Это спсобствует активизации процесса минерализации за счет развития актиномицетов, коэффициент минерализации в интенсивно осушаемых почвах увеличивается до 6,2. При этом следует отметить, что активизация процессов минерализации охватывает метровый слой осушаемых почв.

В осушаемых дерново-глееватых почвах процесс минерализации органического вещества протекает более интенсивно на варианте 0,8х16 м (менее интенсивный дренаж). Значение коэффициента минерализации на варианте 0,8х16м равно 34, а на варианте 1,3х16 м - 8,4.. Менее осушенный вариант выделяется и большей активностью аммонификаторов (10 раз), утилизаторов минерального азота (в 2 раза, см. табл. 53). Вместе с тем для активизациипроцесса нитрификации в пойменных дерново-глееватых почвах более благоприятен вариант 1,3х16 м. На варианте 0,8х16 м дерново-глееватых почв нитрификаторы в незначительном количестве обнаруживаются только в июле. Не отмечается различий между вариантами в дерново-глееватых почвах по анаэробным фиксаторам азота и денитрификаторам.

Проведенный корреляционный анализ связи между отдельными показателями микробиологического и физико-химического состояния торфяных почв (в виде корреляционного отношения) показывает, что преобладает нелинейеая зависимость между параметрами (табл.54). Важным было бы провести эксперменты на основных типах почв с учетом максимального количества факторов как внешних почвообразующих, так и внутренних почвенных с оценкой вклада каждого фактора в отдельности.

Таблица 54

Матрица корреляционных отношений между показателями микробиологического и физико-химического состояния торфяной почвы (количество наблюдений - 100)

Коррелируемые величины		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Денитрификаторы	1	—	—	—	—	—	—	0,29	—	—	—	—	—
Коэффициент педотрофности	2			—	0,68	0,79	0,66	—	0,34	—	—	—	—
Коэффициент олиготрофности	3				—	—	—	0,42	—	—	0,30	—	—
Коэффициент минерализации	4					0,71	—	—	0,28	—	—	—	—
Микроорганизмы на КАА	5						0,48	0,46	0,43	—	—	0,30	0,25
Аммонификаторы	6							—	—	—	—	—	—
Олиготрофы	7								0,34	0,25	0,31	0,47	—
Железо окисное	8									—	0,41	0,38	0,25
Железо закисное	9										0,46	0,37	0,25
Влажность	10											—	—
Аммонийный азот	11												—
Окислительно-восстановительный потенциал	12												

Как уже отмечалось, осушение пойменных торфяных и дерново-глееватых почв изменяет окислительно-восстановительные условия почв в сторону увеличения их аэробности. При этом увеличивается содержание нитрификаторов, конечной продукцией деятельностикоторых является нитратный азот. Эта группа микроорганизмов может развиваться только в аэробной среде. Вместе с тем, проведенные нами исследования показывают, что в исследуемых почвах нитратный азот отсутствует во всем почвенном профиле. А весенний период он обнаруживается в незначительных количествах. Однако в дренажных водах с мелиорируемых почв отмечается присутствие нитратного азота на протяжении всего вегетационного периода (4,3 – 16,0 мг/л). Следовательно, нитраты образуются в почвах в процессе нитрификации, но быстро подвергаются восстановлению или частично вымываются нисходящими потоками дренажных вод. Последнее было нами определено при проведении специальных экспериментов [Славнина, Инишева, 1987]. При этом было доказано, что прпоцесс образования нитратов происходит на границе раздела двух фаз: почва – почвенный раствор. Восстановление нитратов микроорганизмами проявляется как процесс ассимиляции и диссимиляции нитратов. При ассимиляции нитраты испошльзуются в качестве источника азота для построения микробных тел. В конечном итоге процесс ассимиляторного восстановления нитратов заканчивается образованием аммиака,идущего на построение жизненно-важных органических азотсодержащих веществ клетки. При диссимиляторной нитратредукции нитрат выступает в роли акцептора электронов в энергетических процессах вместо молекулярного кислорода. Микроорганизмы, способные диссимилировать нитраты, широко распространены в почве. Процесс денитрификации, который проявляется в осушаемых почвах, представляет собой нитратное дыхание. Конечными продуктами являются газообразные восстановительные соединения: молекулярный азот, окись и закись азота. При ассимиляторной и диссимиляторной нитратредукции участвуют нитрат- и нитритредуктазы. Свойства этих ферментов близки, но диссимиляторные нитратредуктазные системы, в противоположность ассимиляторным, структурно и функционально являются компонентами кончного пути кислородного дыхания. В этом заключается их основное отличие от ассимиляторных нитратредуктаз [Ильина, 1973].

В осушаемых пойменных почвах определить направление нитратредукции не представляется возможным. Динамика нитрит- и нитратредуктаз в почвах разной степени осушения почти не различается. Таким образом, при разной степения осушения, что отмечается в вариантах с глубиной закладки дрен 0,8 и 1,3 м, интенсивность процесса восстановления нитратов в целом одинакова (рис. 30-33).

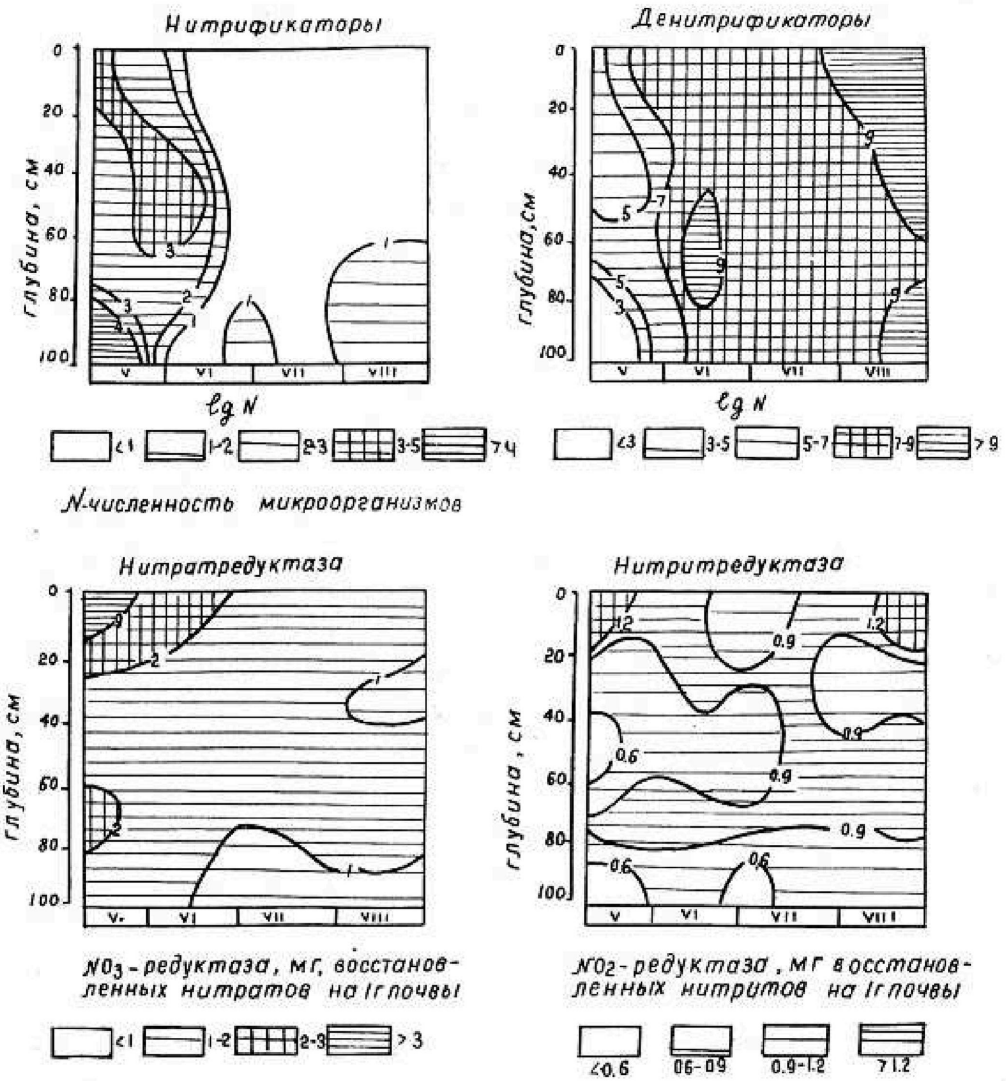


Рис. 30. Динамика ферментов и микроорганизмов, принимающих участи в преобразовании азотсодержащего органического вещества, торфяная почва, вариант 0,8х25 м.

Вместе с тем достаточно высокая активность нитрат и нитритредуктаз в сочетании с содержанием в исследуемых почвах аммонийного азота предполагает активное протекание ассимиляционной нитратредукции.. Следует также отметить, что численность денитритфикаторов несколько выше в менее осушенных пойменных дерново-глееватых и торфяных почвах (см. рис. 30-33). В последнее время исследователями доказана факультативность денитритфикатороф в отношении ОВ-условий. Следовательно, степень увлажнения почв не является признаком развития диссимиляционной нитратредукции в оструктуренных дерново-глееватых и торфяных почвах, характеризующихся высокой воздухоносной порозностью. Лабораторный опыт, имитирующий полное затопление пойменных почв, показывает, что пойменных дерново-глееватых и торфяных почвах наблюдается одновременное развитие аэробной и анаэробной микрофлоры, участвующей в цикле превращения азота в почве. Это указывает на приспособленность биоты осушаемых пойменных почв к тем минимальным условиям аэрации, которые создаются за

счет защемленного внутриагрегатного воздуха с преобладанием восстановительных условий в отдельных слоях почвенного профиля.

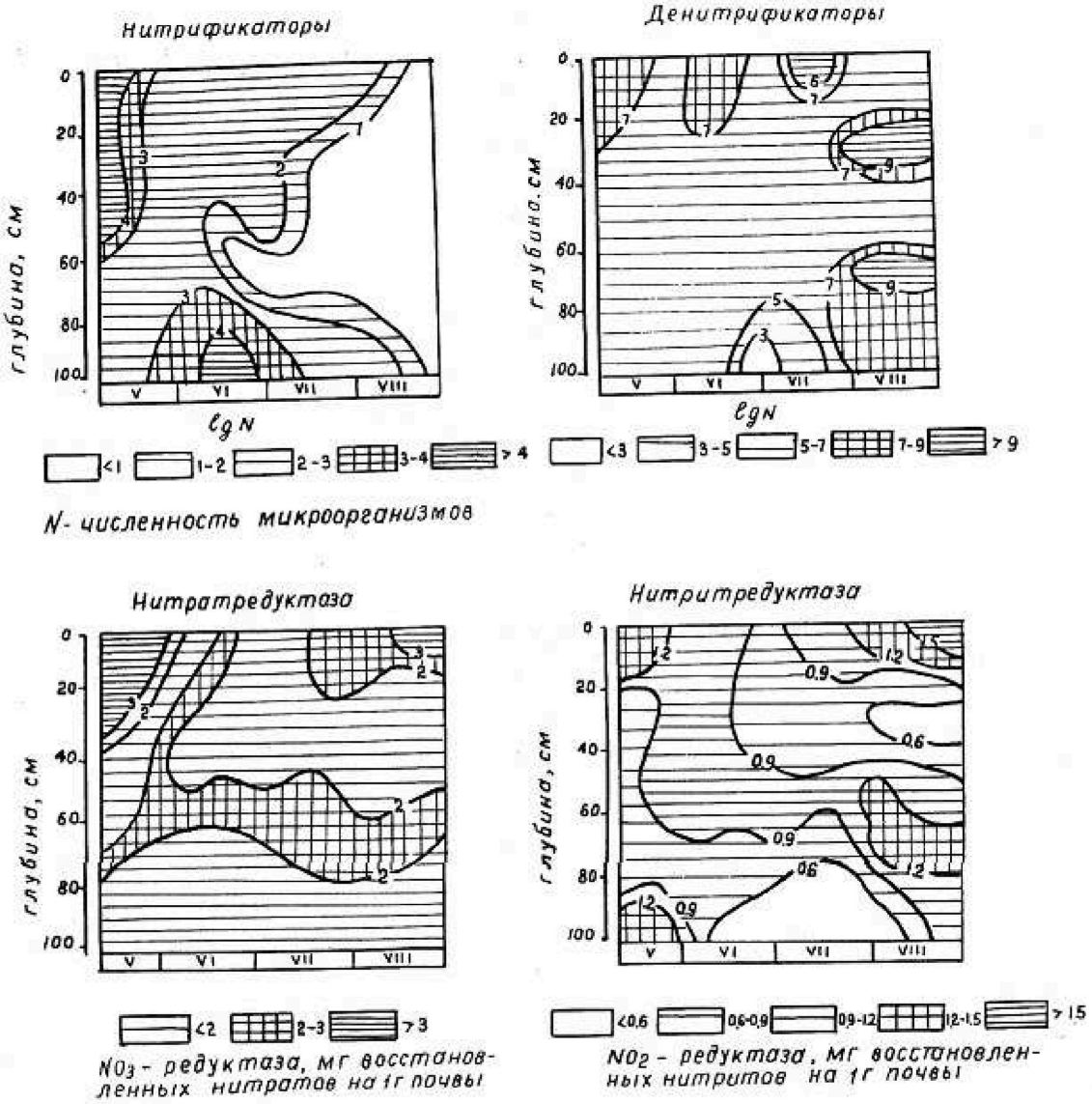


Рис.31. Динамика ферментов и микроорганизмов, принимающих участи в преобразовании азотсодержащего органического вещества, торфяная почва, вариант 1,3х25 м

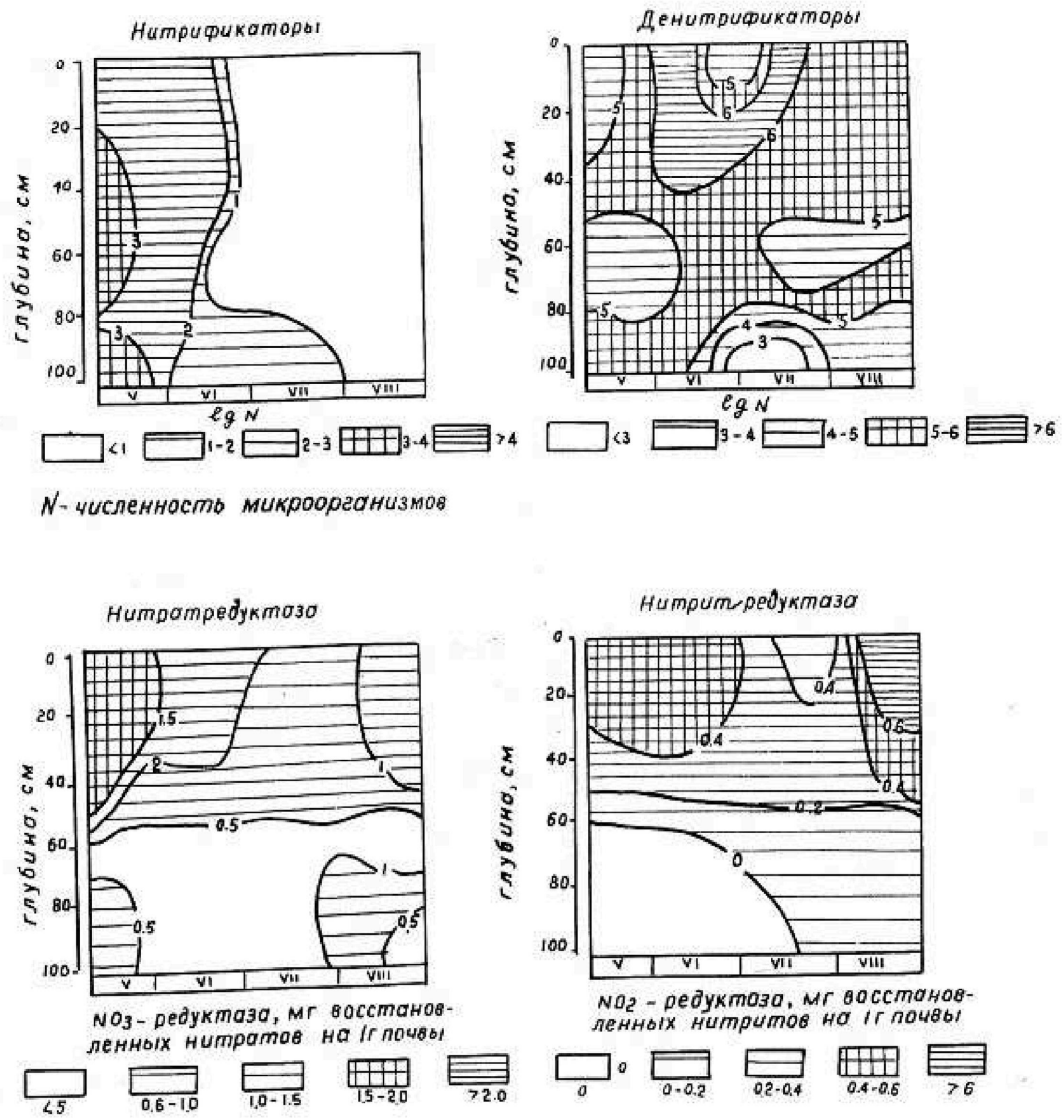


Рис. 32. Динамика ферментов и микроорганизмов, принимающих участие в преобразовании азотсодержащего органического вещества, дерново-глееватая почва, вариант 0,8х16 м.

Проведенные исследования показывают, что осушение пойменных почв приводит к увеличению биологической активности, что с свою очередь способствуетвыносу химических элементов дренажными водами в условиях промывного водного режима.При этом выносу подвержены не только элементы, вносимые в почвы с удобрениями, но и все подвижные формы элементов почвы, обладающие высокой миграционной способностью. Согласно Б.Б.Полынову (1934) из солей, наиболее распространенных в земной коре, лучшей растворимостью обладают хлориды, бикарбонаты и сульфаты натрия, затем сульфаты кальция. По данным наших исследований, из торфяных почв пойм с 1 га за вегетационный период выносится до 59 кг сульфатов, 35 – кальция, 4,8 – калия; из дерново-глееватых – соответственно 38, 24, и 0,1 кг [Инишева, Васильева, 1982]. Вынос солей разрушает поглощающий комплекс почв, изменяет соотношение компонентов в почвенном растворе. Часто высказываемое положение о цели мелиорации как способа создания благоприятных условий для развития микробиологических и энзимологических процессов, напрвленныхна высвобождение элементов питания для растений, не является верным.

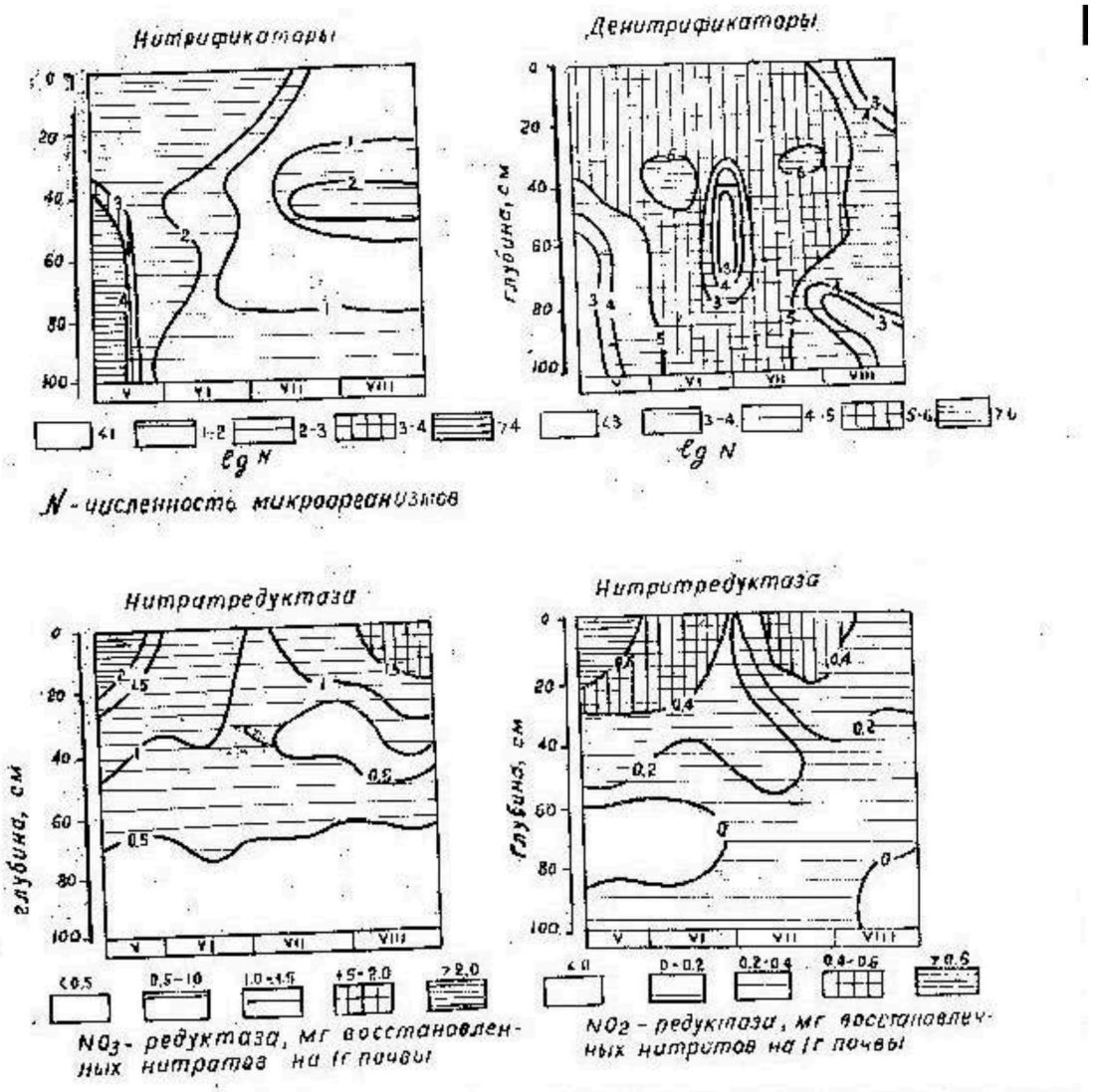


Рис. 33. Динамика ферментов и микроорганизмов, принимающих участие в преобразовании азотсодержащего органического вещества, дерново-глееватая почва, вариант 1,3×16 м

До каких же пределов возможна активизация биологических процессов, чтобы она не привела к нарушению в почвах экологического равновесия? Отсюда естественна постановка вопроса об условиях оптимизации биологического режима в осушаемых болотах. Так, в работах Л.Ф.Тарариновой, В.Н.Воиновой, В.А.Бирюковой (1974), M.Mwrnower, R.Tesarik, B.Ulehlora (1983), Panda, Polso (1982), D.S.Ross (1983) показано, что эффект дополнительного увлажнения или полного временного затопления улучшает азотный режим, снижает процесс минерализации. В условиях повышенной влажности в пойменных почвах, надо полагать, будут поддерживаться экологические условия, близкие к условиям естественных неосушенных пойм и соответственно процессы минерализации будут идти в замедленном темпе. Важно при этом определить оптимальные условия при которых процесс минерализации будет идти одновременно с гумификацией или преобладанием последней. Такие опыты на пойменных почвах были проведены и подробно изложены в монографии Славниной, Инишевой (1987). В качестве контрольных факторов были приняты процессы азотпревращений. В результате проведенных опытов было выявлено, что скорость процесса аммонификации и нитрификации в пойменных почвах возрастает с увеличением влажности.

В то же время условия, благоприятствующие увеличению активности процессов аммонификации/нитрификации, не всегда идентичны условиям соответствующего увеличения содержания аммонийной и нитратной форм азота. Так, в торфяных почвах

оптимальная влажность для нитрификаторов поддерживалась и в первый, и во второй срок компостирования в пределах 0,80-0,95 ПВ, но образование нитратного азота было наибольшим во второй срок при влажности 0,6 ПВ. В целом намечается два оптимальных уровня влажности для процессов аммонификации/нитрификации - 0,6-0,7 ПВ и 0,8-1,0 ПВ. Многие исследователи [Розов, 1956; Expete, Confield, 1966; Balakrishnan, 1964; Mariakulandai, 1965; Reichman, Irunes, 1966; Тарарина, Тарарин, 1970;Кочергин, Орлова, 1970; Наплекова, 1970] изучали влияние влажности на процессы нитрификации в почвах путем инкубирования образцов почв. Указанные авторы пришли к мнению, что оптимальной для нитрификации в автоморфных почвах является влажность, составляющая 0,4-0,6 ПВ при температуре 25-30 градусов С и полной аэрации.

По всей вероятности, уровни оптимизации ОВ-условий развития микроорганизмов, которые участвуют в превращениях азотсодержащих веществ, в разных почвах различаются. В автоморфных почвах, с их невысокими буферными свойствами, оптимальные условия для процесса нитрификации и деятельности аэробно-анаэробной микрофлоры создаются при высокой порозности аэрации и влажности в пределах 0,4-0,6 ПВ. Своеобразие осушаемых пойменных почв, которое заключается в их генетической принадлежности к гидроморфному ряду и поемном характере почвообразования, определяет высокие значения оптимальной влажности для протекания процессов аммонификации/нитрификации.

Ранее И.П.Сердобольским (1949) были намечены границы ОВ-условий для процессов превращений азота. Так, условием устойчивости и накопления нитратного азота является Eh 350 мВ и выше. Нами уже отмечалось, что при полном затоплении и снижении Eh за пределы 350 мВ в исследуемых почвах протекают два процесса: нитрификация и восстановление нитратов денитрификаторами. Естественна постановка вопроса о том, что нитраты образуются в почвах пойм в условиях анаэробиозиса и служат исходным субстратом для интенсивного размножения денитрификаторов. На подобную возможность указывают T.Richard и T.Robert (1980). Согласно R.I.Bell (1969), ОВП не падает ниже +200 мВ, пока в почве имеются нитраты, которые реализуются денитрификаторами. Кроме того, восстановление нитратов - весьма эффективный процесс в отношении обеспечения клеток микроорганизмов энергией. Так, McCarty (1972) указывает, что средний выход энергии при переносе одного электрона от органического донора к нитратам равен приблизительно 18 ккал/г экв или 67,9% энергии, освобождающейся при аналогичном переносе электрона к кислороду. С другой стороны, возможна также приспособляемость аэробной биоты к тем минимальным условиям аэрации, которые создаются в хорошо оструктуренных и богатых органическим веществом почвах пойм.

Все вышеизложенное позволяет признать, что влажность исследуемых почв не ограничивает активности биологических процессов, она определяет уровень, на котором протекают данные процессы, но их активность не прямо пропорциональна динамике содержания продуцируемых под их воздействием веществ. Таким образом, мелиоративное воздействие не должно кардинально менять почвенные режимы.

Обработка почв, внесение удобрений, осушение, орошение существенно изменяют экологическую обстановку развития микроорганизмов, что неизбежно отражается на напряженности биодинамики почв. Проведенные нами исследования весьма отчетливо показывают, что индикатором изменившейся экологической обстановки в почвах может быть биологический режим. Р.С.Кутузова (1979), например, предполагает, что аммонифицирующие бактерии могут быть значимым диагностическим показателем степени гидроморфности почв, а в зоне длительно-сезонно-промерзающих почв гумидной зоны - показателем оптимизации режима почв.

Классическое представление эффективности осушения почв основывается на активизации в них нитрифицирующих процессов и соответственно формирования нитратного типа азотного режима почв. В почвах пойм процесс нитрификации имеет

подчиненное значение, на что ранее обратила внимание Т.П.Славнина (1978), рассматривая западно-сибирские почвы элювиального ряда. В то же время, как показано выше, нитрификация в пойменных почвах может протекать даже в условиях затопления.

Обобщая изложенные выше результаты исследований, можно отметить, что напряженность и направленность биохимических процессов почв пойм в гидротермических условиях Западной Сибири характеризуется некоторыми особенностями: направление данных процессов определяется микрозональным ОВ-режимом; биологический режим данных почв интенсивен; оптимизация биологических процессов заключается в поддержании условий постепенной минерализации органического вещества данных почв; показателем оптимизации почвенных режимов может быть активность аммонификаторов, целлюлозоразрушающих бактерий, а также отдельных оксидоредуктаз: каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы. Разумеется, приведенный спектр довольно широк, но для выделения 1-2 конкретных параметров нужны дальнейшие исследования. Проведенные нами расчеты корреляционных зависимостей с целью выделения значимых показателей выявляют, прежде всего, фермент каталазу, характеризующийся наличием наибольшего количества связей с физиологическими группами микроорганизмов.

Регулирование уровня биологической системы в почве имеет большое значение для сезонной перестройки процессов и для поддержания гомеостаза данной биосистемы при резком изменении внешних факторов ("генеральных оптимумов", [Семенов, 1984:14]). Причем в изменяющихся внешних условиях необходимо не просто поддерживать все почвенные факторы в оптимальном режиме, но и обеспечивать их изменение по оптимальной траектории. Согласно нашим исследованиям, контролирующим параметром пути преобразования на каждый момент времени, может быть состояние почвенного микробоценоза и содержание ферментов.

А г р о х и м и ч е с к и й р е ж и м . Направленность биохимических процессов определяет динамику подвижных химических соединений в почвах и, следовательно, их плодородие. При использовании почв под сельскохозяйственные угодья обращается внимание на расщепление труднодоступных соединений и перевод их в подвижное состояние. В агрономическом отношении почва считается плодородной, если в ней достаточно питательных элементов для получения высоких урожаев. Но в действительности подобные урожаи могут быть признаком стрессового состояния, испытываемого почвой, результатом которого является необратимое нарушение биологического равновесия.

Динамика элементов питания в дерновых и дерново-глееватых почвах. В почвах высокой поймы р.Томи содержание подвижного фосфора в естественных условиях изменяется в пределах 9-22 мг/100 г в среднем по всему почвенному профилю, калия - 12-34 мг/100 г. В пахотном слое содержание подвижных форм названных химических элементов в среднем составляет соответственно 18 и 36 мг/100г . В метровом слое дерновой почвы подвижных форм калия содержится 2730 кг/га, дерново-глееватой почвы – 1188 кг/га, подвижного фосфора соответственно - 1710 и 1188 кг/га. Содержание нитратного азота в среднем по почвенному профилю в дерновых почвах изменяется от 0,5 до 12 мг/100 г, в дерново-глееватых - 0,3-6,0 мг/100 г (рис. 34). При увеличении влажности почв высокой поймы (весенний и осенний периоды) содержание в них нитратного азота увеличивается. Процесс нитрификации наиболее интенсивно протекает в верхнем полуметровом слое. Полученные данные свидетельствуют о хорошей обеспеченности нитратным азотом дерновых почв. Так, наиболее плодородные темно-серые лесные почвы Томской области содержат нитратного азота 0,04-0,50 мг/100 г в перегнойно-аккумулятивном горизонте [Славнина, 1949; Бурлакова, 1960]. В черноземах и серых лесных почвах Воронежской области наибольшее содержание нитратного азота приходится на осенние месяцы - 4,0-5,8

мг/100 г [Лихачева, 1960]. В пойменных почвах р.Москвы нитратного азота содержится 5,88-10,00 мг/100 г почвы [Прохорова, 1957, 1960].

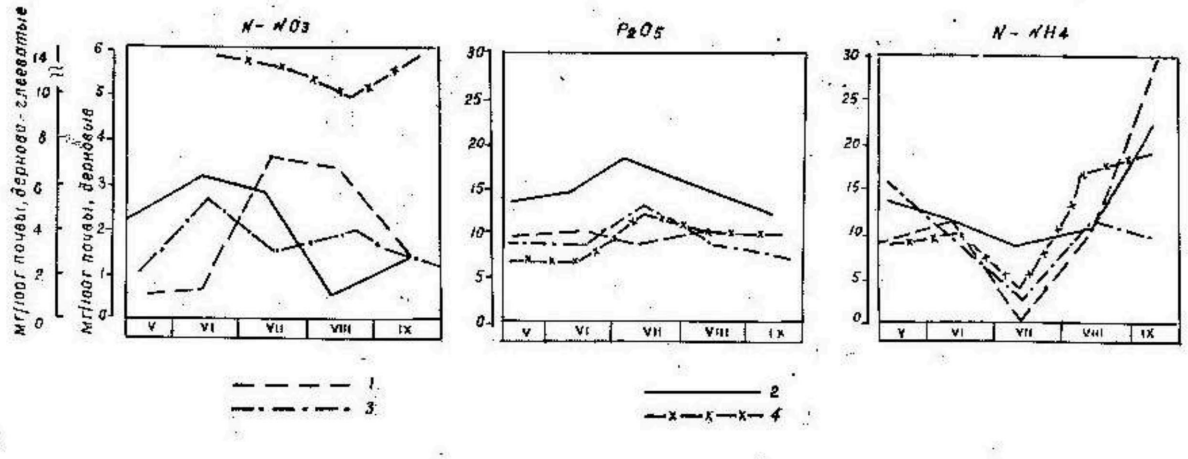


Рис. 34. Динамика отдельных элементов в дерновой и дерново-глееватой почве поймы р. Томи по среднемесячным и среднеглубинным данным: *1* — дерновая без полива; *2* — дерновая с поливом; *3* — дерново-глееватая без полива; *4* — дерново- глееватая с поливом

Содержание аммонийного азота в дерновых почвах высокой поймы колеблется от следов до 40 мг/100 г с наименьшим содержанием в засушливые годы.

В дерново-глееватых почвах высокой поймы динамика аммонийного азота в естественных условиях имеет более ровный характер по сравнению с дерновыми почвами при тождественном количестве. Максимальные значения N-NH достигают 43,2 мг/100 г. Содержание нитратного азота в почвах изменяется в пределах 2-5 мг/100 г с максимальным содержанием в июне (см. рис. 34).

Орошение оказывает заметное воздействие на динамику подвижных форм азота в перегнойно-аккумулятивном горизонте дерновых и дерново-глееватых почв высокой поймы. Так, до полива в верхнем слое 0-10 см содержалось 1,3 мг/100 г почвы нитратного азота, после полива - 4,0; в слое 10-20 см соответственно 0,2 и 3,0; в слое 60-70 см - 1,7 и 5,8; в слое 90-100 см - 2,7 и 3,1 мг/100 г почвы. Таким образом, в условиях орошения содержание питательных элементов в данных почвах увеличивается в разные сроки от 2 до 150% от их содержания до полива. Высокой подвижностью питательных элементов можно, например, объяснить то, что на дерново-глееватых почвах прибавка урожая многолетних трав оказывается незначительной при внесении азотных удобрений в дозах N 45 и N 60.

Своеобразна динамика подвижных химических элементов в дерново-глееватых почвах низкой поймы. Как отмечено выше, в осушаемых дерново-глееватых почвах преобладают окислительные условия, что оказывает определенное влияние на подвижность химических соединений. Так, на рис. 35 приведены средние за вегетационный период коэффициенты оглеения в почвах, которые указывают на стабильное содержание восстановленных форм железа. Содержание подвижного калия в дерновых и дерново-глееватых почвах в течение вегетационных периодов изменяется в пределах 3,8-23,2 мг/100 г почвы. Наибольшее содержание калия отмечается в верхнем полуметровом слое. Изменение его количества в среднем по глубине профиля происходит в пределах 3-12 мг/100 г (рис.36). Пределы содержания подвижного фосфора за вегетационные периоды характеризуются величиной 0,6-20,4 мг/100 г почвы. Накопление подвижного фосфора также наблюдается в верхнем полуметровом слое. Снижение влажности почв, что отмечается в годы с коэффициентом увлажнения 0,5 и 0,7 способствует накоплению данных форм фосфора в исследуемых почвах.

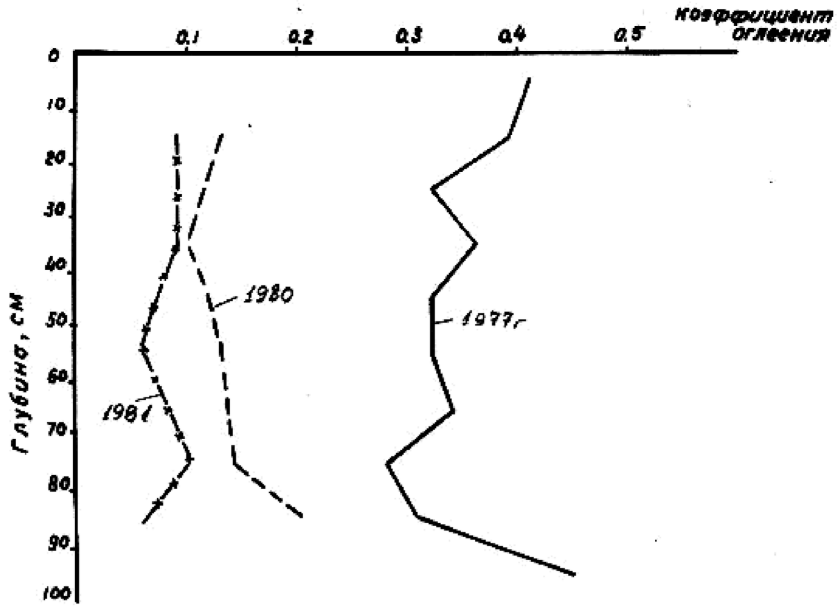


Рис. 35. Коэффициент оглеения в осушаемых дерново-глееватых почвах поймы р. Чулыма

Содержание аммонийного азота в среднем по профилю осушаемых дерново-глееватых почв не превышает 25 мг/100 г (см. рис. 36). Следует отметить, что в аналогичных почвах высокой поймы содержание аммонийного азота ниже. Нитратный азот в осушаемых почвах обнаруживается крайне редко.

В целом в осушаемых почвах низкой поймы отмечается высокое содержание подвижных форм питательных элементов. Заслуживает внимания тот факт, что содержание данных форм калия и фосфора дерново-глееватых почв высокой и низкой поймы близко. Динамика же подвижных форм азота в данных почвах существенно различается. Надо полагать, на подвижные соединения калия и фосфора в значительной мере влияет состав материнских пород, а подвижные формы азота в почве образуются в результате жизнедеятельности микрофлоры, которая участвует в превращениях азотсодержащих органических веществ. До осушения дерново-глееватые почвы низкой поймы длительное время находились в переувлажненном состоянии и до сих пор еще не полностью вышли из гидроморфной стадии. Поэтому в данных почвах наиболее активной оказывается микрофлора, способная продуцировать аммонийный азот. В результате, как нами отмечалось, содержание нитратов в дерново-глееватых почвах низкой поймы обнаруживается лишь в отдельные периоды. Однако можно предвидеть дальнейшие последствия, которые могут возникнуть при ослаблении гидроморфного режима при последующем осушении. Преобладающие окислительные условия будут способствовать превращению восстановленных форм азота в нитраты , а в условиях промывного водного режима - выносу их за пределы зоны аэрации, что приведет к потере плодородия почв. Поэтому для обеспечения оптимального азотного баланса и сохранения плодородия осушаемых дерново-глееватых почв пойм необходимо постоянно поддерживать их влажность не ниже 80-90% ПВ посредством двустороннего регулирования водного режима. В то время как в дерновых почвах высокой поймы для управления активностью процесса нитрификации необходимым мероприятием является весеннее затопление поймы.

В заключение следует отметить, что пределы оптимальной влажности для процессов аммонификации и нитрификации в почвах пойм с признаками оглеения характеризуются более высокими значениями влажности, что показано выше. Поэтому орошение почв, занимающих высокую хорошо дренированную пойму, улучшает азотный баланс за счет усиления нитрификационного процесса. В то же время осушаемые почвы также нуждаются в орошении, но уже для сохранения активности процесса

аммонификации, преобладающего в них. Таким образом, мелиоративные мероприятия, учитывающие генетически сформировавшиеся режимы почв пойм, обеспечат получение экологически возможных урожаев при условии сохранения экологического равновесия в почвах.

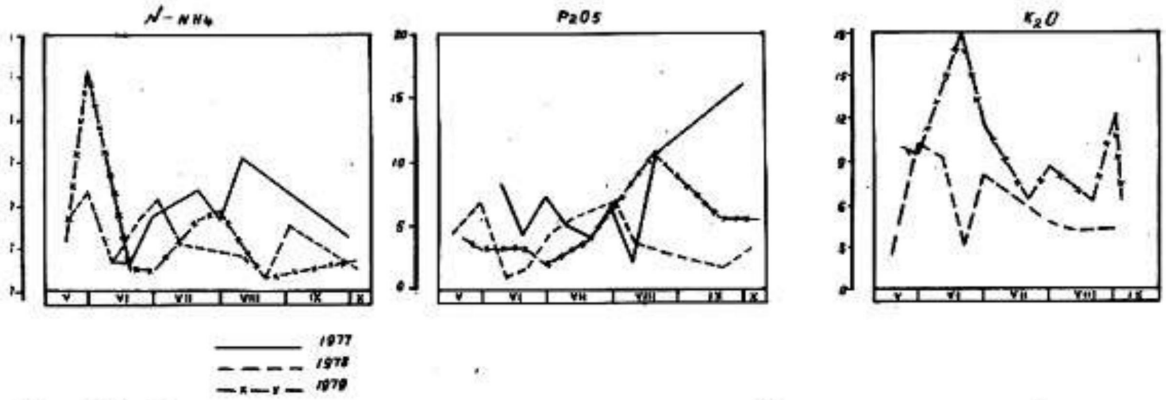


Рис. 36. Динамика отдельных элементов в осушаемой дерново-глееватой почве в разные по увлажнению годы (по среднемесячным и среднеглубинным зачениям).

Динамика элементов питания в торфяных почвах. Многие ученые уделяют большое внимание вопросам направленности и характера развития почвенных процессов в осушаемых торфяных почвах [Скрынникова, 1961, 1968, 1974, 1978; Переверзев, 1966; Трускавецкий, Горин, 1967; Скоропанов, 1969, 1977, 1978; Вознюк, 1969; Ефимов, 1978, 1980; Донских, 1982]. Торфяные почвы в силу их высокой динамичности и низкой степени энтропии после осушения за сравнительно непродолжительный период (10-15 лет) изменяют структуру, свойства и состав.

Как было отмечено в предыдущих главах, осушение приводит к смене господствующих восстановительных условий на окислительные, что способствует усилению биохимических процессов, и торфонакопление сменяется минерализацией органического вещества. Так, на Украине и в Белоруссии процесс минерализации в осушаемых торфяных почвах протекает более интенсивно, чем в северных районах европейской территории страны, причем разложение органического вещества торфа сопровождается образованием большого количества нитратов (400-1200 мг/кг почвы), которые выносятся дренажным стоком и являются причиной загрязнения природных вод [Бухман, 1958; Озолиня, 1958; Голуб, 1964; Зименко, 1966, 1970; Мееровский, 1967; Бухторина, 1971, 1974].

Установлено также, что при интенсивном осушении торфяных почв европейской части нашей страны (УГВ которых более 1,5 м) происходит вспышка микробиологической деятельности, и в результате биохимических процессов создаются условия для быстрой минерализации органического вещества торфа, возникает угроза биологической сработки органических почв [Зайдельман, 1960; Скоропанов, 1976; Дудченко, 1979].

В условиях южно-таежной подзоны процесс минерализации элементов питания в осушаемых торфяных почвах изучен слабо. Следует отметить работы М.М.Окунцова (1948), В.М.Елисеевой (1963, 1971), М.О.Мелентьевой (1973, 1980, 1982), в которых отмечается, что при осушении торфяных почв Томской области усиливается их биологическая активность. В работе В.А.Дырина (1978) показано, что в осушаемой низинной торфяной почве процессы разложения органического вещества идут, в основном, до стадии аммонификации, окисленные формы азота отмечаются эпизодически в самых верхних слоях почвы.

Перечисленные выше исследования касаются низинных и переходных торфяных почв водоразделов и террас. По пойменным торфяных почвам подобные сведения отсутствуют.

По нашим данным, в осушаемых торфяных почвах пойм в три раза увеличивается содержание подвижных форм фосфора (табл. 55). Вместе с тем, следует отметить, что увеличение влажности осушаемых торфяных почв до 0,8-0,9 ПВ определяет высокие концентрации подвижного фосфора (40-60 мг/100 г) в верхнем полуметровом слое. Снижение влажности за пределы 0,6 ПВ вызывает уменьшение концентрации подвижного фосфора до 10 мг/100 г почвы. Причиной снижения подвижности фосфатов в данных почвах при интенсивном осушении являются, вероятно, как образование труднорастворимых фосфатов окиси железа, так и увеличение адсорбционной способности торфяной почвы при снижении влажности и прогревании, что отмечается в ряде работ [Физические условия почвы и растение, 1955; Ярков, 1956; Гинзбург, 1960; Ефремов, 1980]. Существенное влияние на динамику подвижных фосфатов в торфяной почве оказывает потребление их интенсивно вегетирующей растительностью и процессы мобилизации фосфора микрофлорой [Годлин, Олиневич, 1966; Гордеева, 1969; Скрынникова, 1984 и др.]. Что касается низкого содержания подвижного фосфора в неосушенных торфяных почвах, то переувлажнение является основным фактором снижения темпов минерализации органического вещества торфа, следовательно, и снижения подвижного фосфора. Так, по нашим данным, в неосушенных торфяных почвах органические формы фосфора преобладают над минеральными и составляют 85-95% от его валового содержания.

Таблица 55

Содержание фосфора в торфяных почвах

Слой, см	Валовой фосфор почвы	Подвижный фосфор	Подвижный фосфор, % от валового
	мг/100 г почвы		
	Осушаемые		
0-20	420	35,2	8,4
20-40	360	25,1	7,0
40-60	290	39,6	13,6
60-80	100	20,6	20,6
80-100	110	22,6	20,5
	Неосушаемые		
0-20	340	14,0	4,1
20-40	290	9,6	3,3
40-60	290	9,4	3,2
60-80	160	6,4	4,0
80-100	150	3,2	2,1

Осушаемые торфяные почвы содержат в 2,5 раза больше валового калия по сравнению с неосушаемыми, что объясняется минерализацией подземных растительных остатков и большей зольностью первых (табл. 56). А.А.Титлянова (1979) отмечает, что в травяном биогеоценозе возврат калия превышает его потребление. Поэтому неслучайно в верхних слоях осушаемых торфяных почв по сравнению с нижним слоем аккумулируется больше обменного калия.

Таблица 56

Содержание калия в торфяных почв

Слой, см	Валовой калий	Обменный калий	Обменный калий, % от валового
	мг/100 г почвы		
Осушаемые			
0-20	210	54,4	25,9
20-40	200	40,8	20,4
40-60	120	24,8	20,6
60-80	ПО	12,0	10,9
80-100	100	18,0	18,0
Неосушаемые			
0-20	90	7,8	8,7
20-40	60	6,4	10,7
40-60	40	4,6	11,5
60-80	60	5,0	8,3
80-100	40	4,8	12,0

Исследованиями И.Ф.Гаркуши (1956, 1965), В.Н.Ефимова (1969), Р.А.Егоровой (1976), Л.Ф.Бакшеева (1981), В.А.Шаманаева (1983а, 1983б) также доказывается увеличение валовых запасов и обменных форм калия при осушении торфяных почв. По мнению Р.С.Трускавецкого (1966), увеличение содержания калия происходит в результате изменения коллоидных свойств и усиления степени гумифицированности органического вещества осушаемых торфяных почв, что, в свою очередь, определяет увеличение обменной фиксации калия.Вместе с тем, следует отметить, что в исследуемых почвах доля обменного калия от его валового содержания невелика (11-32%), что и отличает их от торфяных почв европейской части страны и от низинных малозольных торфяных почв Западной Сибири, в которых обменная форма калия составляет 60-80% [Сысо, 1981; Донских, 1982; Шаманаев, 1983; Синькевич, 1985].

Основная часть азота в данных почвах (98%) сосредоточена в труднодоступной форме. Подвижный азот представлен в основном аммонийной формой. Нитратов в торфяных почвах практически нет. Из 15 сроков наблюдений за вегетационный период нитратный азот отмечался в 2-4 сроках в верхнем полуметровом слое интенсивно осушенных торфяных почв (вариант 1,3 х 25 м). Наибольшее содержание нитратного азота отмечалось в 40-сантиметровом слое (до 40 кг/га).

Исследования сезонной динамики аммонийного азота в торфяных почвах показывают, что процесс мобилизации восстановленных форм азота определяется гидротермическим режимом и ОВ-условиями. Повышение влажности и снижение интенсивности окислительных процессов определяют увеличение запасов аммонийного азота в зоне окисления с 713 кг/га до 912 кг/га, а в зоне восстановления - с 278 кг/га до 681 кг/га. На слабо осушенном участке в данный период отмечается более значительное возрастание запасов подвижного аммонийного азота в верхнем полуметровом слое почвы с 946 кг/га до 2064 кг/га, а в нижней части профиля - с 282 кг/га до 873 кг/га.

В период активных (>10 градусов С) температур в данных почвах увеличение влажности вызывает усиление процесса аммонификации. Так, в августе 1979 г. после выпадения атмосферных осадков в количестве 100 мм в зоне окисления интенсивно осушенных торфяных почв запасы аммонийного азота увеличиваются в 2 раза, а на слабо осушенном участке - в 2,5 раза (рис. 37). В условиях засушливого лета 1980 г. в динамике аммонийного азота отмечается тенденция к уменьшению его содержания. Исследования данной динамики по вариантам дренажа показывают, что наиболее оптимальные условия для процесса аммонификации отмечаются на слабо осушенном участке, где запасы аммонийного азота в 1,4-2,0 раза выше, чем на участке, осушенном интенсивно.

Из вышеизложенного следует, что в осушаемых торфяных почвах отмечается среднее и высокое содержание подвижных форм элементов питания. Однако проведенное исследование влияния удобрений на урожаи многолетних трав показывает, что в торфяных почвах лимитирующим фактором выступают такие элементы питания, как калий и азот. Наибольший урожай многолетних трав (377,5 ц/га зеленой массы в среднем за два года) получен при варианте N_{180} P_{90} K_{120}. Сочетание N_{60} P_{60} K_{120} обеспечило урожай зеленой массы 344,0 ц/га. Несмотря на большую разницу в дозах азота, разница в урожае несущественна.

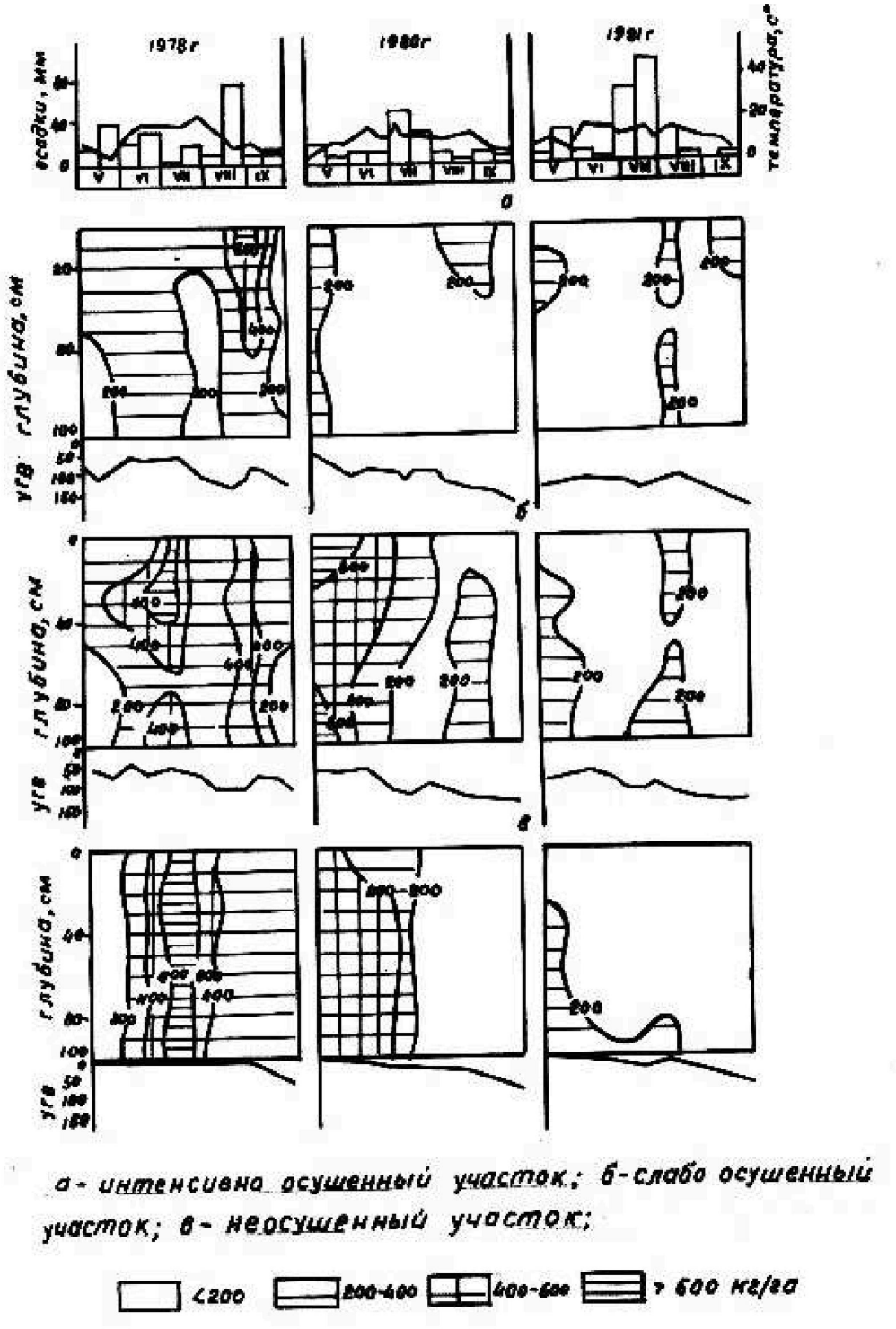


Рис. 37. *Динамика аммонийного азота в торфяной почве.*

Фосфорные удобрения оказывают незначительное влияние на урожай.Однако увеличение урожая при варианте N_{60} P_{60} K_{60} по сравнению с парными комбинациями (табл.57) показывает, что для получения максимального урожая необходимо внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в торфяные почвы.

Таким образом, исследованиями установлено, что в отличие от осушаемых торфяных почв европейской территории страны в данных почвах южно-таежной зоны Западной Сибири разложение азотсодержащего органического вещества происходит преимущественно до стадии образования аммонийного азота, что определяет аммонийный тип азотного режима почв. Наиболее интенсивно процесс аммонификации в торфяных почвах протекает в условиях повышенной влажности (0,8-0,9 ПВ) и невысоких температур почвы (не более 15 градусов С). Факторами, снижающими интенсивность данного процесса в осушаемых торфяных почвах, являются резко окислительные условия и дефицит влаги, а также температуры почвы выше отмеченного предела, которые способствуют, в свою очередь, переходу N-NH в нитраты. Оптимизация процесса аммонификации возможна путем создания в осушаемых торфяных почвах умеренно окислительных условий и повышенной влажности.

Таблица 57

Урожай многолетних трав, торфяные почвы

Вариант	Урожай зеленой массы, ц/га	Урожай воздушно-сухой массы, ц/га	Средневзвешенный выход воздушно-сухой массы, %
Контроль	176,4	52,3	29,6
№60Р60	216,7	61,8	28,5
№60К60	276,1	72,8	26,3
Р60К60	266,1	71,4	26,8
№60Р60К60	325,3	84,8	26,0
№60Р60К60	308,7	81,4	26,3
№60Р60К120	344,0	86,2	25,0-
№120Р60К120	356,0	90,5	25,4
№180Р60К120	374,9	95,9	25,6
№I80P90KI20	377,5	97,8	25,9

Так, динамика химических соединений как следствие физико-химических реакций и биологического режима почв показывает, что в результате воздействия гидротехнических мелиораций происходит изменение экологического состояния почв. Традиционно считается, что увеличение подвижных форм питательных элементов в почве - это улучшение ее пищевого режима, увеличение ее плодородия. Эффективность мелиоративного приема часто оценивается по степени увеличения в почвах нитратного азота, независимо от генезиса данной почвы. Безусловно, если почва - это только среда для произрастания растений, то данный подход понятен. Но если почва - "особое тело природы" с индивидуальными свойствами и закономерностями, с которым связаны биологический круговорот веществ и образование основной массы живого вещества планеты, тогда нельзя не уделить особое внимание оптимизации почвенных режимов, как основе устойчивой продуктивности с-х культур. В настоящее время земледельцы столкнулись с бесспорным фактом истощения потенциального плодородия почвы. Уже давно, столетиями нарушается закон природы - биологический круговорот веществ. Из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур отторгается и выносится с поверхностным и внутрипочвенным стоком все больше и больше органических и минеральных веществ. Вносимые органические удобрения (ОУ) далеко не всегда полностью восполняют изъятые из почвы вещества. Поэтому, как нам представляется, в перспективе необходимо обратить особое внимание на состав вносимых органических удобрений, который должен соответствовать в какой-то мере составу ОВ почв и

сохранять баланс биохимических процессов в почвах. Исследование же процессов трансформации органических удобрений позволит прогнозировать динамику питательных элементов и в целом солевой баланс почв.

Выше отмечался и такой факт: почва обеспечена питательными элементами, однако дополнительное их внесение в виде минеральных удобрений увеличивает урожаи. Возможно, это объясняется тем, что генетически обусловленный режим элементов питания в почвах не совпадает с динамикой потребности в питательных элементах сельскохозяйственных растений. Отсюда следует, что на основании знания динамики химических элементов в почвах и потребности в них сельскохозяйственных культур можно оптимизировать баланс подвижных элементов и соединений в течение вегетационного периода с учетом других почвенных режимов и почвообразующих факторов.

В настоящее время очень слабо разработана теоретическая база для управления состоянием почв с позиций математического моделирования. Вместе с тем, имеются работы, в которых сделана попытка понять взаимозависимости в почвах на основе балансовых методов. Это работы по водному, солевому, гумусовому балансам, в которых учитываются все статьи прихода и расхода в почвах [Титлянова, 1983, 1986; Афанасик, 1983, 1986; Кан, 1986]. Насколько это перспективно, рассмотрим на приведенном выше примере с эффективностью минеральных удобрений на дерново-глееватых почвах высокой поймы, которые характеризуются значительными запасами подвижных форм элементов питания. Орошение почв вызывает внутрипочвенный сток в грунтовые воды. Химический состав стока указывает на миграцию за пределы почвенного профиля анионов HCO^-_3, SO^{--}_1, NO^-_3 и катионов Ca^{++}, Mg^{++}, K^+. При внутрипочвенном стоке происходит вынос илистой фракции, а вместе с ней и вынос органических веществ. Сбалансированный учет подобных потерь позволил бы определить потребность и в других, а не только азотных, фосфорных и калийных удобрениях.

И, наконец, как показали наши исследования, динамика элементов питания в почвах, являясь показателем условий среды для произрастания растений, не является доминирующим показателем экологического состояния почв. Плодородие почв и их экологическое состояние в значительной степени определяется направленностью биохимических процессов, характеризующихся более узким диапазоном реагирования на изменения внешних условий.

Г и д р о х и м и ч е с к и й р е ж и м . Следствием мелиоративного воздействия на почвы является миграция химических веществ из почвенного профиля и глубже в зону аэрации. В настоящее время определению потерь химических элементов при вымывании уделяется большое внимание,так как в итоге происходит существенное изменение солевого режима почв. Территория мелиоративного земледелия является зоной активного биологического воздействия на состав подземных вод.Это происходит вследствие смены окислительно-восстановительных условий в почвах. В результате нарушается ранее сложившееся биогеохимическое равновесие в почвах и меняется качественный состав мигрирующего почвенно-грутового потока к подземным водам. Решающее влияние на процессы аккумуляции и миграции веществ оказывают свойства почв, уровень агротехники возделываемых сельскохозяйственных культур, степень антропогенного воздействия. Так, в дерново-подзолистых почвах миграции подвергается калий от 2,2 до 590 кг/га, кальций от 47,0 до 690, азот от 25,0 до 667, сульфаты от 22,6 до 140, фосфор от 0,1 до 78 кг/га (Юшкевич, 1972; Бобрицкая, 1975; Пирошенко, 1979; Коротков и др.,1985; Коротков,1989; Шильников и др.1989). В целом, согласно многочисленным авторам, вынос химических элементов подчиняется следующей закономерности: $Ca > Mg > K > Na > NH_4$ и $SO_4 > Cl > NO_3 > _{PO4}$ [Першина, 1970; Алексейчик, 1973; Мельникова, 1976; Шатилов, 1992].

Миграция химических элементов в орошаемых почвах. Поливы и налагающиеся на них атмосферные осадки вызывают внутрипочвенный сток в грунтовые

воды. Из дрены, проложенной на глубине 1 м в орошаемых дерновых почвах высокой поймы, отмечается сток на протяжении всего вегетационного периода от 0,0008 до 0,07 л/сек, химический состав которого характеризуется высоким содержанием кальция, сульфатов, нитратов и других компонентов.

При сравнении состава и концентрации речных вод, используемых для полива, грунтовых и дренажных вод можно сделать вывод, что последние характеризуются большей концентрацией почти всех химических элементов (рис. 38). Отсюда следует, что орошаемые почвы являются источником поступления дополнительного количества

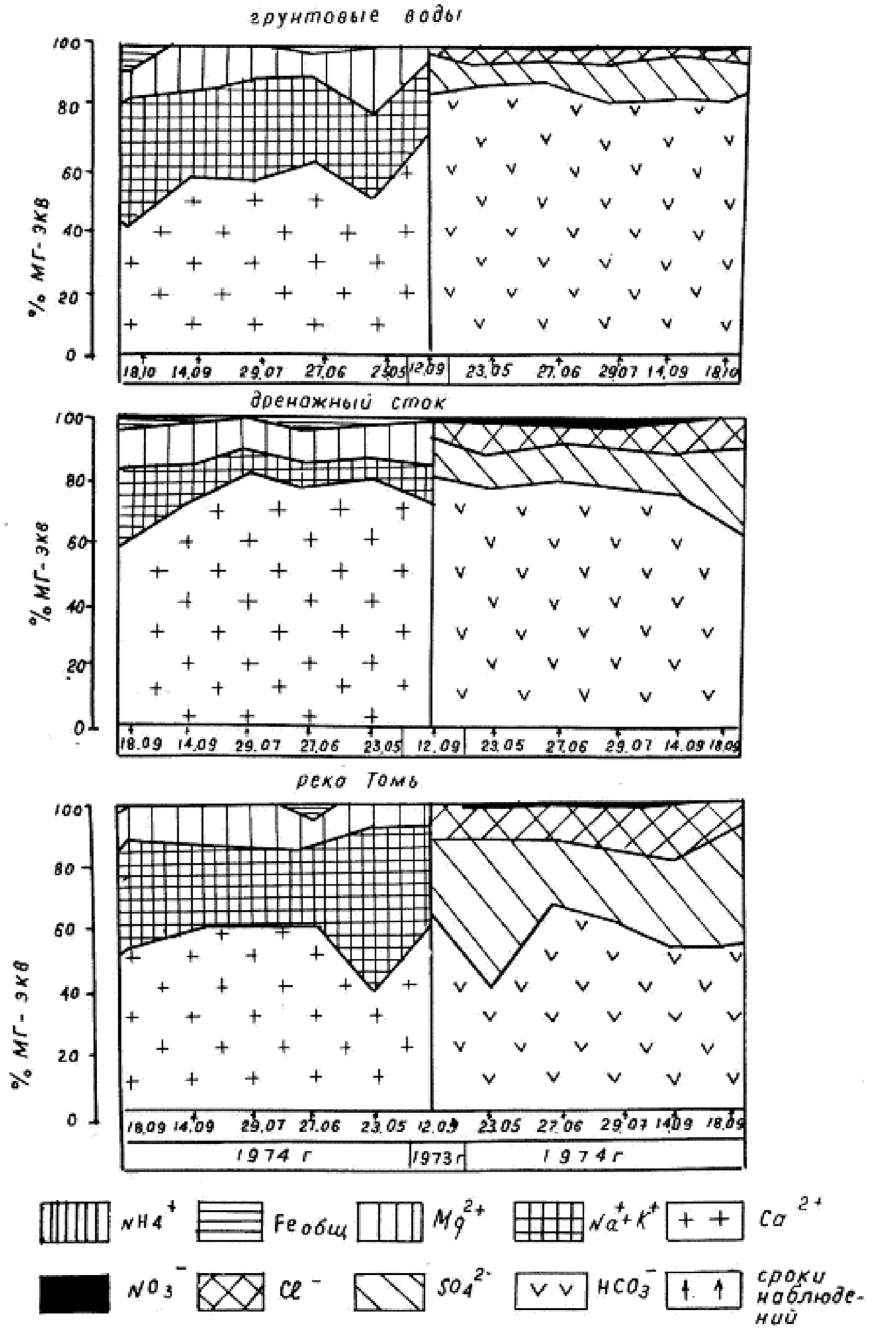


Рис. 38. Химический состав грунтовых, речных и дренажных вод

ингредиентов в дренажные воды. При определении степени миграции химических элементов за пределы почвенного профиля были заложены хроматографические лизиметрические колонки по методике, предложенной И.С.Кауричевым и Е.М.Ноздруновой (1960) на вариантах с поливной нормой 300 и 400 кубических м/га.

Сорбентами служили окись алюминия для хроматографии и КУ-2 в Н+ форме. Химический состав лизиметрических вод показывает, что соединения мигрируют в почвенном профиле в виде сульфатов кальция и магния. Особенно следует отметить высокое содержание в горизонте С (240 см) нитратов. В то же время в перегнойно-аккумулятивном горизонте их концентрация в 1,5 раза меньше по сравнению с концентрацией в лизиметрических водах горизонта С. Увеличение нормы полива до 400 кубических м/га способствует усилению процесса нитрификации и окислению соединений серы, в результате чего химический состав лизиметрических вод из дерновой почвы высокой поймы характеризуется более высокой концентрацией нитратов и сульфатов по сравнению с таковой при норме орошения 300 кубических м/га.

С помощью хроматографического анализа удалось установить, что наряду с минеральными миграции подвержены органические вещества. Общее их количество, вымытое атмосферными осадками и поливными водами из верхней части профиля дерновых почв, составляет за вегетационный период на варианте с поливной нормой 300 кубических м/га 3,5 г/м , а на варианте с поливной нормой 400 кубических м/га - 7,5-8,0 г/м. При этом отчетливо выражено постепенное уменьшение с глубиной водорастворимых веществ. Все это позволяет признать, что названные выше химические элементы мигрируют в виде минеральных соединений, различных органо-минеральных производных и прежде всего в виде железоорганических соединений, на что указывает Е.М.Ноздрунова (1966).

Полученные данные показывают, что в дерновой почве мигрируют значительные количества железа (рис. 39). Почти на 50% железо перемещается в связанном состоянии, остальные 50% - в виде минеральных форм. До глубины 180 см, где отмечается смена глинистого состава на супесчаный, железо равномерно распределяется по почвенному профилю (общее его количество составляет 3,2 г/м^2), ниже миграция усиливается (4,8 г/м^2).

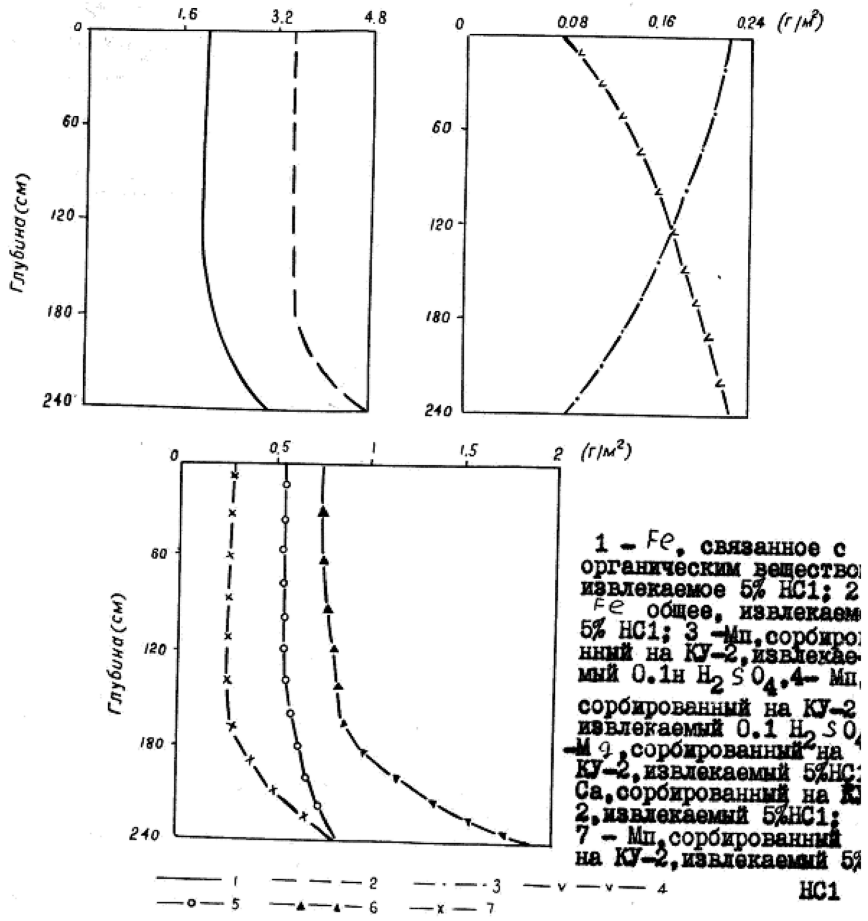


Рис. 39. Миграция некоторых химических элементов по профилю дерновой почвы, вариант с поливной нормой 300 м³/га

Результаты анализа вытяжек, полученных с помощью 0,1 н H_2SO_4 и 5-процентного HCl показывают увеличение миграционной способности Ca и Mg с глубиной, а также гораздо большее содержание данных катионов в вытяжке 5-процентного HCl. Так, по данным анализа вытяжек 0,1 и H_2SO_4 из верхних слоев дерновых почв мигрируют: 0,05-0,12 г/м^2 Mg^{2+}, сорбированного на Al_2O_3, 0,08-0,10 мг/м^2 Mg^{2+}, сорбированного на КУ-2, 0,15-0,3 г/м^2 Ca^{2+} - на Al_2O_3, 0.1 г/м^2 Ca^{2+} - наКУ-2. По данным анализа вытяжек 5-процентного HCl, Mg и Ca соответственно 0,60 и 0,75 г/м (см. рис.39). Большое значение имеет выбор вытяжки. Так, кислота HCl как более сильный реагент способна вытеснить гораздо в больших количествах минеральные формы элементов, чем 0,1 н H SO . Марганец в дерновых почвах перемещается в основном в минеральных комплексах и частично в органических (0,25-0,50 г/м в вытяжке HCl и 0,03-0,20 г/м в H SO). С глубиной миграция Mn возрастает.

Таким образом, хроматографический анализ, а также анализ лизиметрических и дренажных вод констатируют миграцию нитратов, железа и марганца с орошаемыми водами в профиле дерновых почв пойм. Увеличение нормы орошения до 400 кубических м/га не оказывает заметного влияния на миграцию данных элементов, за исключением кальция и магния, миграционная способность которых увеличивается почти в 2 раза по сравнению с вариантом полива 300 кубических м/га.

Химический состав дренажных вод орошаемых дерново-глееватых почв высокой поймы характеризуется своими особенностями: появлением аммонийных форм азота, увеличением содержания $Na^{+,}$ K^+, общего железа, уменьшением концентрации Ca^+. Для анионного состава характерно увеличение концентрации NO^-_3, SO^{2-}_4. В дерново-глееватых почвах в меньшей степени мигрируют водно-растворимые формы органического вещества

(рис. 40). Если на глубине 10 см адсорбентом задержано 10,2 г/м^2 растворимого углерода, то на глубине 90 см - 2,22 г/ м^2. Поэтому подвижное железо в дерново-глееватой почве мигрирует в основном в минеральной форме.

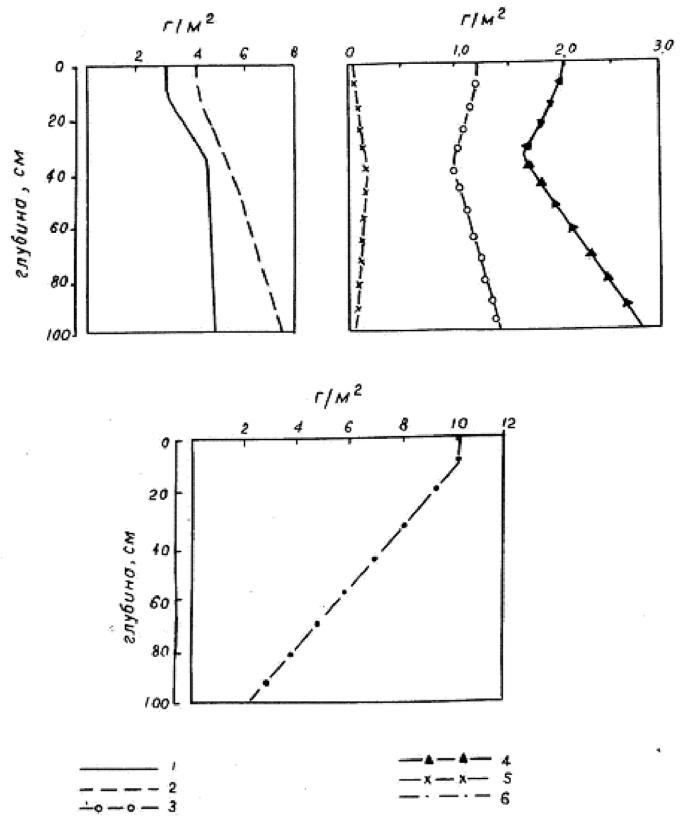


Рис. 40. Миграция некоторых химических элементов и водорастворимого органического вещества по профилю орошаемой дерново-глееватой почвы, вариант с поливной нормой 300 м^3/га

1 – Fe, связанное с органическим веществом; 2 – Fe общее; 3 – Mg, сорбированный на КУ-2; 4 – Ca, сорбированный на КУ-2; 5 – Mn, сорбированный на КУ-2; 6 – водорастворимое органическое вещество

Результаты анализа хроматографических колонок свидетельствуют о значительной миграции ионов кальция и магния (см.рис. 40). Это позволяет сделать заключение о миграции данных катионов в составе органических соединений. Следует особо подчеркнуть, что во всех пробах лизиметрических вод дерново-глееватых почв содержится обильный осадок коллоидного типа, что также подтверждает предположение о миграции веществ в органо-минеральных комплексах. Полученные результаты исследований были использованы для разработки рекомендаций по определению выноса химических элементов дренажным стоком из почв пойм в условиях орошения. В качестве исходных данных для указанных расчетов были предложены обобщенные показатели концентраций химических элементов дренажных вод с дерново-глееватых почв (табл. 58).

Таблица 58

Концентрация компонентов химического состава дренажных вод

Показатели химического состава	Содержание ионов, мг/л					
	Дерново-глеевые почвы			Торфяные почвы		
	I	II	III	I	II	III
Ca^{++}	70,5 / 232	53,5 / 81	26 / 56	119,8 / 240	112,9 / 126.1	108,5 / 144.5
Mg^{++}	17,2 / 41.3	9,4 / 17	4,3 / 9.8	21,8 / 45.3	19,5 / 30.4	18,2 / 26.7
K^{+}	1,5 / 1.6	1,4 / 3.2	1,7 / 34	22,9 / 72	4,1 / 27	5,2 / 30
Na^{+}	4,9 / 11.2	10 / 40	30,5 / -	26 / 45.3	20,9 / 75.6	43,5 / 115.4
Fe общее	-	0,1 / 0.2	0,2 / 1.5	0,1 / -	0,5 / 2.2	0,3 / 2.5
SO_4^{2-}	138,2 / 314	80,1 / 155.5	123,1 / 150.0	244,9 / 508	249,9 / 360	169,5 / 468
Cl^{-}	14,9 / 17.7	14,1 / 17.2	7,3 / 18.5	73,9 / 221	21,5 / 126.3	37,2 / 159.3
HCO_3^{-}	49,9 / 62	61,2 / 79.5	72,3 / 101	125,7 / 182	133 / 270	216,2 / 366
NH_4^{+}	0,3 / 0.4	0,5 / 3.2	0,2 / 0.7	0,3 / 0.7	0,2 / 0.4	0,2 / 0.4
NO_3^{-}	5,7 / 6.1	3,8 / 14.5	2,6 / 5.6	1,3 / 9.3	3,1 / 4.3	5,3 / 16
pH	6,4	6,6	6,5	6,4	6,6	7,1

Примечание. В числителе средние значения; в знаменателе максимальные концентрации; I – III периоды весеннего половодья, летней межени и осенних дождей соответственно.

Миграция химических элементов в осушаемых почвах. Как неоднократно отмечалось выше, в осушаемых почвах происходят существенные изменения. В дерново-глееватых почвах УГВ весной поднимается до 60-80 см от поверхности и к середине июня опускается на отметку 3 м, создавая, таким образом, резко окислительные условия в метровом слое. В торфяных почвах УГВ весной также поднимается близко к поверхности и в течение вегетационного периода постепенно снижается до 1,0-1,5 м. В торфяных почвах в процессе осушения резко окислительные условия (400-600 мВ) создаются в верхнем 60-сантиметровом слое, а с глубины 90 см в зоне непосредственного контакта с грунтовыми водами ОВП принимает отрицательные значения.

Максимальное содержание кальция, магния, сульфатов в дренажных водах осушаемых почв наблюдается весной, когда отмечается наибольший сток и близкое залегание УГВ. В небольших количествах обнаруживается железо - анализ проб показал полное его отсутствие в дренажных водах в I период и появление в небольших количествах во II и III периоды (табл.59). Надо полагать, значительное количество подвижного железа закрепляется почвой. В торфяных почвах концентрация компонентов химического состава дренажных вод во все периоды значительно выше, чем в минеральных как по средним так и по максимальным показателям. В 2-3 раза выше содержание сульфатов и бикарбонатов, в 5-20 раз - хлоридов.

Таблица 59

Вынос химических элементов с дренажным стоком за вегетационный период, кг/га

Показатели химического состава	Торфяные			Дерново-глееватые		
	1977	1978	1979	1977	1978	1979
Na^+	5--11	0,1-2,2	0,21	0-0,4	0-1,4	0,17
K^+	0,1-4,8	0,1-2,2	0,18	0	нет	0,08
NH_4^+	0	0	0,02	0	0	0,01
Ca^{++}	10--35	3,3-15,5	5,43	0,2-0,8	1,0-24,3	0,38
Mg^{++}	1,2-6,2	0,5-2,6	1,06	0-0,1	0,3-4,4	0,05
Fe общее	нет	нет	0,03	нет	нет	нет
Cl^-	2,2-29,0	0,4-14,3	0,08	0,1-0,3	0,2-22,7	0,26
SO_4^{--}	25-59	1,8-31,1	14,57	0,2-2,0	2,5-37,8	0,64
NO_3^-	нет	0,1-0,8	0,19	нет	0-1,8	0,03
HCO_3^-	18-47	6,2-19,1	5,98	0,5-1,6	1,3-11,5	1,34

Одновременно с химическим анализом дренажных вод определялся их микробиологический состав (Инишева, Васильева, 1982). Выше упоминалось о том, что обнаружение в дренажных водах нитратов, нитрификаторов и денитрификаторов позволило сделать предположение об условиях образования в осушаемых почвах нитратного азота на границе раздела 2 фаз: почвы и почвенного раствора.

Интересные результаты получены по превращению серы в осушаемых почвах. Так, в дренажных водах торфяных почв постоянно присутствуют сульфат-ионы в количестве 360-580 мг/л. При этом сульфаты практически отсутствуют в атмосферных осадках и не входят в состав вносимых в почву минеральных удобрений. Анализ почвенных растворов, полученных методом центрифугирования, также указывает на присутствие сульфат-ионов в концентрации 8-111 мг/л. Надо полагать, образование сульфатов происходит непосредственно в осушаемых почвах. Содержание сульфатредуцирующих бактерий и фермента сульфатредуктазы в данных почвах продолжает оставаться высоким. Процесс сульфатредукции протекает активно в анаэробной части профиля (глубже 60 см) и в анаэробных микрозонах торфяных почв, а в слоях с окислительными условиями происходит столь же активное окисление сероводорода до сульфатов. Последние в дальнейшем выносятся дренажным стоком. В настоящее время данный процесс преобладает, что также является признаком нарушения биологического состояния почв, так как сера большей частью входит в состав почвенного органического вещества. Вместе с тем, надо отметить, что сульфатредукция в определенных пределах является благоприятным фактором для осушаемых почв. Она способствует закреплению в почвах Ca, Mg и S в виде сульфатов и сульфидов.

Содержание отдельных химических элементов в дренажном стоке зависит и от его объема, и вариантов дренажа. Следует заметить, что максимальный из замеренных на исследуемом участке осушения модуль дренажного стока составляет 0,12 л/сек/га [Маслов, Махлаев, 1982]. Летом при выпадении дождей модули дренажного стока достигают значений 0,12-0,19 л/сек/га. При отсутствии дождей модуль стока уменьшается до 0,000026 л/сек/га. В третьей декаде октября дренажный сток заканчивается. Общий слой данного стока за годы наблюдений составил 24-29 мм, а с учетом стока весеннего снеготаяния - приблизительно 54-94 мм. Отсюда вынос химических соединений из почв с дренажным стоком характеризуется невысокими значениями (см. табл.59). Больший вынос отмечается на торфяных почвах. Данное различие обусловлено прежде всего большим объемом стока за год, а также интенсивностью биохимических процессов, протекающих в торфяных почвах. По величине выноса в торфяных почвах компоненты дренажного стока располагаются в ряд:

катионы Ca++ > Mg++ > Na+ > K+ >NH +;
анионы SO -- > Cl - > NO -.

Подобная последовательность выноса химических элементов характерна и для дренажного стока дерново-глееватых почв с небольшой поправкой, что K+ и NH + в дренажных водах практически отсутствуют.

Заслуживает внимания вопрос баланса веществ в исследуемых почвах. Ежегодно в исследуемые осушаемые почвы вносится доза удобрений N135P60K60 (соответственно аммиачная селитра, двойной суперфосфат, 40-процентная калийная соль). Получаемый в среднем урожай сена многолетних трав по вариантам (от 55 до 100 ц/га) выносит с 1 га почвы 236-430 кг азота, 22-40 кг фосфора и 160-290 кг калия. Следовательно, в избыточном количестве вносятся только фосфорные удобрения. Если даже принять, что все удобрения полностью используются в год их внесения, то многолетние травы удовлетворяют свои потребности в азоте на 31-57% и в калии - на 21-37%. Остальное количество питательных элементов потребляется ими из почвы. Метровый слой осушаемых почв имеет запасы подвижных форм азота и калия на 1 га соответственно 864 и 756 кг. Данного запаса питательных элементов достаточно для получения 55-100 ц сена многолетних трав только в течение 2-5 лет.

Добавим, что с удобрениями кроме основных питательных элементов на 1 га осушаемых почв ежегодно вносятся 77 кг хлора, 20,5 кг кальция, 15 кг натрия на 1 га, а кроме того магний, сульфаты и др. Но при урожае сена многолетних трав 55-100 ц/га кальция выносится 47-95, хлора - 8-16 и натрия - 17-33 кг/га. Кроме того, при этом выносится 20-40 кг магния и 5-11 кг серы. Максимальный вынос кальция дренажным стоком в среднем за годы исследований был равен 36, хлора - 29, натрия - 11, серы - 59 и магния -6 кг с 1 га. Таким образом, расход на урожай многолетних трав кальция, магния, натрия, серы превышает приход - содержание их в подвижных формах в почве и внесение с удобрениями. В данном случае анализ проведен далеко не по всем элементам, в частности, не определялись микроэлементы. Однако полученные результаты свидетельствуют о необходимости учета выноса химических элементов в балансовых расчетах или моделях солепереноса.

В связи с этим представляют интерес приведенные в табл. 60,61 расчеты прогноза выноса химических элементов дренажным стоком с двух изученных объектов при разной водосборной площади и заданной обеспеченности стока.

В основу проведенного расчета положены результаты наших исследований по химическому составу дренажного стока данных объектов и расчетные значения стока с заданной обеспеченностью для каналов, имеющих водосборную площадь до 1000 га, рекомендуемые для условий Западной Сибири [Махлаев, 1985]. С объекта осушения открытыми каналами "ТАРБЫКОВСКИЕ ЛУГА" Зырянского района (поймы р.Кии, притока р.Чулыма) выносится много меньше химических соединений, чем с объекта осушения в пойме р.Оби.

Таблица 60

Вынос химических элементов дренажным стоком с открытых осушительных систем (кг/га, пойма реки Оби)

Период полово дья	Обеспече нность паводка, %	Компоненты								
		Na+	K+	NH4+	Ca++	Mg++	Fe++	Cl-	SO4--	NO3-
		Для каналов с водосборной площадью до 100 га								
I	1	6,9	21,4	1,0	57,3	14,6	1,0	31,9	31,2	0,4
	3	5,9	15,9	0,7	42,6	10,9	0,7	23,8	23,2	0,3
	5	4,5	12,2	0,6	32,8	8,5	0,6	18,3	17,8	0,2
	10	3,2	8,ё	0,4	23,0	5,8	0,4	12,8	12,5	0,1
	15	2,4	6,5	0,3	17,5	4,4	0,3	9,7	9,5	0,1
	25	1,5	4,1	0,2	11,0	2,8	0,2	6,1	6,0	0,1
II	1	0,11	0,2	-	1,5	0,3	0,1	0,6	0,5	-
	3	0,1	0,2	-	1,3	0,2	0,1	0,6	0,5	-
	5	0,1	0,2	-	1,2	0,2	0,1	0,5	0,4	-
	10	0,1	0,1	-	1,1	0,1	0,1	0,5	0,4	-
	25	0,1	0,1	-	1,0	0,1	0,1	0,4	0,3	-
		Для каналов с водосборной площадью до 100 га								
I	1	20,1	54,1	2,6	144,7	36,9	2,6	80,7	78,8	1,1
	3	15,1	40,4	2,0	108,3	27,6	2,0	60,4	59,0	0,8
	5	12,5	33,5	1,6	89,7	22,9	1,6	50,0	48,9	0,7
	10	8,8	23,6	1,1	63,2	16,1	1,1	35,2	34,4	0,5
	15	6,6	17,8	0,8	47,6	12,1	0,8	26,5	25,5	0,3
	25	3,7	9,9	0,4	26,6	6,8	0,4	14,8	14,5	0,2
II	1	0,3	0,8	-	4,9	0,6	0,3	2,1	1,8	0,1
	3	0,2	0,6	-	3,8	0,4	0,2	1,7	1,4	0,1
	5	0,2	0,5	-	3,3	0,4	0,2	1,4	1,2	0,1
	10	0,2	0,4	-	2,7	0,3	6,2	1,2	1,0	01
	15	0,2	0,3	-	2,2	0,2	0,1	0,9	0,8	0,1
	25	0,1	0,2	-	1,7	. .0,2. .	5,1	0,7	0,6	0,1

Примечание. I – период весеннего половодья; II – межпаводковый период.

Таблица 61

Вынос химических элементов дренажным стоком с открытых осушительных систем (кг/га, пойма р. Кии)

Период половодья	Обеспеченность паводка, %	Компоненты								
		Na+	K+	NH4+	Ca++	Mg++	Fe++	Cl-	SO4--	NO3-
		Для каналов с водосборной площадью до 100 га								
I	1	6,2	6,5	1,1	18,4	7,4	8,8	21,4	10	0,9
	3	4,6	4,8	0,8	13,5	5,5	0,6	15,9	7,4	0,7
	5	3,5	3,7	0,6	10,4	4,2	0,4	12,3	5,7	0,5
	10	2,5	2,6	0,4	7,3	3,0	0,3	0,6	4,0	0,4
	15	1,9	2,0	0,3	5,5	2,3	0,2	6,5	3,0	0,3
	25	1,2	1,2	0,2	3,5	1,4	0,1	4,1	1,9	0,2
II	1	0,2	0,4	-	0,7	-	-	0,4	0,2	-
	3	0,2	0,3	-	0,6	-	-	0,3	0,2	-
	5	0,1	0,3	-	0,5	-	-	0,3	0,2	-
	10	0,1	0,3	-	0,5	-	-	3	0,2	-
	15	0,1	0,2	-	0,4	-	-	0,3	0,2	-
	25	0,1	0,2	-	0,4	-	-	0,2	0,9	-
		Для каналов с водосборной площадью до 100 га								
I	1	15,6	16,3	2,6	45,7	18,6	1,9	54,1	25,1	2,2
	3	11,6	12,2	2,0	34,2	13,9	1,4	40,4	18,8	1,7
	5	9,6	10,1	1,6	28,3	11,5	1,1	33,5	15,5	1,4
	10	6,8	7,1	1,1	19,9	8,1	0,8	23,6	10,9	1,0
	15	5,1	5,3	0,8	15	6,1	0,6	17,8	8,0	7,0
	25	2,8	3,0	0,4	8,4	3,4	0,3	9,3	4,6	0,4
II	1	0,7	1,2	-	2,2	-	0,1	1,2	0,8	-
	3	0,5	0,9	-	1,73	-	0,1	1,0	6,0	-
	5	0,4	0,8	-	1,49	-	0,1	0,8	5,0	-
	10	0,3	0,6	-	1,22	-	-	0,5	3,0	-
	15	0,3	0,5	-	1,01	-	-	0,5	0,3	-
	25	0,2	0,4	-	0,79	-	-	0,4	0,2	-

Примечание. I – период весеннего половодья; II – летнее-паводковый период.

Из литературы известно, что большое влияние на размеры выноса химических элементов оказывает внесение в почву удобрений. С целью выяснения их влияния нахимический состав дренажного стока были проведены опыты на монолитах дерново-глееватых и торфяных почв по разработанной нами методике [Инишева, 1980]. В качестве лизиметров были использованы испарители типа ГР-26 (рис. 41). Схема опыта: 1 - контроль без удобрений, 2 - N120P40K90, 3 - N600P60K420. Дренажные воды собирались сразу после полива. Дозы удобрений (N - мочевина, К - калийная соль, Р - двойной суперфосфат) вносились в расчете на урожай сена многолетних трав 30, 100 и 160 ц/га. Первый урожай принят по проектным данным; второй - согласно полученному на опытном мелиоративном участке; последний урожай рассчитан по фотосинтетически активной радиации. Оросительная норма рассчитывалась на площадь монолита. Полив начинался после затопления, чем моделировалось весеннее подтопление паводочными водами, опыт проводился как в условиях нарастания поливной нормы, так и при постоянной норме. Опыт длился 22 дня. Удобрения вносились 1 раз перед проведением опыта. Поливные нормы рассчитывались исходя из следующего: минимальная поливная норма, существенно влияющая на почвенные процессы, составляет 10 мм, а максимальное количество, которое может быть принято почвой в один полив - 60 мм.

Согласно значениям коэффициента фильтрации (1-2 м/сут) за время опыта было проведено 11 поливов, которые следовали через каждые два дня с последовательным увеличением поливной нормы на 10 мм (0,3 л). Полив проводился дистиллированной водой. На химический анализ пробы отбирались каждые два дня. Анализ почв был проведен до и после данного опыта.

Увеличение концентрации химических элементов в лизиметрических водах происходит в следующем порядке (табл.62):

Na+ > K+ > Ca++ > Mg++ > NH +;

SO -- > Cl- > NO -.

Заметим, что ранее нами проведен подобный опыт, но без моделирования затопления. Закономерность вымывания катионов аналогична. Вымывание анионов подчинялось иной закономерности: Cl- > NO - > SO --. Следовательно, затопление оказывает определенное влияние на динамику выноса химических элементов дренажным стоком.

Таблица 62

Вынос химических элементов дренажным стоком, лизиметрический опыт, дерново-глееватая почва, кг/га

Показатели	Вариант	Ингредиенты									
		$Na^{+}+K^{+}$	NH_4^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Fe^{++}	Fe^{+++}	Cl^{-}	SO_4^{--}	NO_3^{-}	NO_2^{-}
Содержание элементов в стоке	Контроль	109,38	0,87	57,64	14,11	5,33	1,09	29,99	140,13	6,95	0,08
	№120Р40К90	113,81	0,88	65,95	18,76	2,67	1,12	86,06	132,55	8,26	0,32
	№600Р60К420	97,98	1,66	171,11	37,79	3,47	1,92	276,91	160,60	19,06	0,88
Вынос	№120Р40К90 (за вычетом контроля)	+4,43	+0,01	+8,31	+4,65	-2,66	+0,03	+58,07	-7,58	1,31	0,24
	№600Р60К420 (за вычетом контроля)	-11,4	0,7	113,47	+23,68	-1,86	1,83	246,02	20,47	12,11	0,80

Примечание: знак "+" - означает вынос; знак "-" - означает, что вынос в контроле больше, чем в рассматриваемых вариантах.

Вынос химических элементов из дерново-глееватых почв представлен небольшими величинами. В основном указанному выносу подвергаются Ca++ и Cl-. Остальные элементы закрепляются в почве. Вместе с дозой суперфосфата в почвы было внесено приблизительно 7 кг Ca, с 90 и 420 кг калийной соли соответственно 46 и 215 кг хлора, 9 и 42 кг натрия. Следовательно, большой вынос кальция из почвы - результат обменных процессов между компонентами удобрений и почвой. Весь хлор, внесенный с удобрениями, подвергается миграции из метрового слоя. При высокой дозе азотных удобрений увеличивается вынос сульфатов. Следует заметить, что сульфаты в больших количествах выносятся и на контрольном участке.

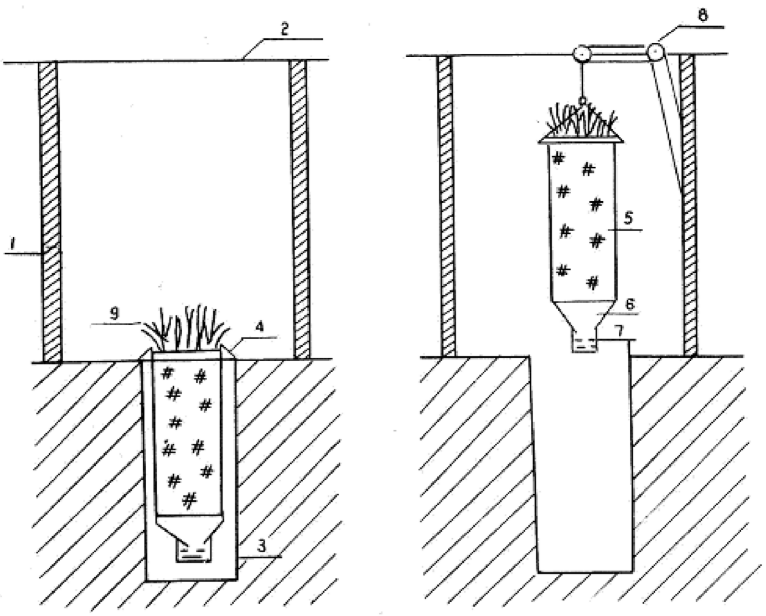


Рис. 41. Схема оборудования площадки для проведения модельного опыта по выносу химических элементов дренажным стоком

I - стойки; 2 - стальная балка; 3 - кожух испарителя ГР-25, удлиненный на 30 см; 4 - испаритель ГР-25; 5 - монолит почвы; 6 - собирательная воронка; 7 - сосуд для сбора дренажных вод; 8 - подъемное устройство; 9 - многолетние травы

В целях определения зависимости выноса химических элементов от нормы полива (или объема дренажного стока) для Ca+, SO -- и NO - были просчитаны линейная и степенная зависимости. Затем рассчитывались коэффициенты корреляции, оценивающие связи между x (нормой полива) и y (выносом химических элементов) для каждой зависимости (табл.64). Принятые уравнения регрессии выноса химических элементов в зависимости от нормы полива имеют следующий вид:

SO --: ln y = 0,61x + 0,894;

NO - : y = x + 2,75;

Ca++ : y = x - 1,29.

Внесение удобрений оказывает существенное влияние на изменение состава дренажных вод и в торфяных почвах. Так, при варианте с дозой N120P40K90 вынос аммонийного азота увеличился в 1,4 раза, нитратов - в 2 раза, калия - в 1,6 раза по сравнению с неудобренным вариантом. При увеличении дозы удобрений вынос питательных элементов соответственно возрастает: калия в 3,5 раза, аммонийного азота - в 2,8 раза, нитратов - в 5 раз (табл. 65). По сравнению с дерново-глееватыми почвами в торфяных больше выносится соединения NH +, Ca++, Mg++, SO --, NO -.

Таблица 64

Значение коэффициентов корреляций по каждой изучаемой зависимости

Элемент	Зависимость		
	y=ax+b	$y=x^a+b$	lny=ax+b
SO_4^{--}	0,924	0,909	0,948
NO_3^-	0,783	0,837	0,783
Ca^{++}	0,837	0,969	0,865

Таблица 65

Вынос химических элементов дренажным стоком, лизиметрический опыт, торфяная почва, кг/га

Показатели	Вариант	Ингредиенты							
		Na^+	K^+	NH_4^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^-	SO_4^{--}	NO_3^-
Содержание элементов в общем стоке	Контроль	13,9	9,8	2,5	169,0	32,5	32,8	324,3	7,0
	N I20P40K90	12,6	15,4	3,2	191,0	47,7	52,4	376,1	14,7
	N600P60K420	11,9	34,4	6,5	217,6	48,5	139,1	387,8	36,3
Вынос	N120P40K90 (за вычетом контроля)	-1,3	+5,6	+0,7	+22,0	+15,2	+19,6	+51,8	+7,7
	N600P60K420(за вычетом контроля)	-2,0	+24,6	+4,0	+48,6	+16,4	+106,4	+63,5	+29,3

Примечание: Знак "+" означает вынос, знак "-" означает, что вынос в контроле больше, чем в рассматриваемых вариантах

Увеличение концентрации химических элементов в лизиметрических водах торфяных почв происходит в следующем порядке:

Ca++ > Mg++ > K+ > NH +;

SO -- > Cl- > NO -.

Таким образом, в увеличении концентрации катионов в лизиметрических водах торфяных почв отмечается иная закономерность: на первом месте стоят Ca + и Mg +. Однако в больших количествах в торфяных почвах выносятся NH +, SO -- и NO -. Для выяснения степени миграции макрокомпонентов из торфяных и дерново-глееватых почв при внесении разных форм азотных удобрений проводился опыт с монолитами в условиях интенсивного дренирования. В данном опыте использовались: мочевина (CO(NH)), сульфат аммония ((NH) SO), аммиачная селитра (NH NO). Опыт проводился в трех повторностях, его продолжительность - 30 дней. Удобрения N135P60K60 вносились в начале опыта. Доза азотных удобрений рассчитывалась, согласно А.А.Ничипорович (1963), на планируемый по фотосинтетической активности урожай. На контроле были внесены фосфорно-калийные удобрения P60K60. Всего в течение опыта было проведено 11 поливов равномерно увеличивающейся нормой (от 10 до 60 мм). Отбор лизиметрических вод для полного химического анализа проводился после каждого полива. В почвах также был определен состав водной вытяжки до и после проведения данного опыта.

Наибольший вынос нитратного азота в торфяных почвах происходит при внесении аммиачной селитры (40кг/га), затем - мочевины (31,4 кг/га) и сернокислого аммония (24,4 кг/га). От внесенного с удобрениями азота это составляет соответственно 10,5, 8,1 и 5,1%. Содержание нитратного азота в дренажных водах повышается с увеличением поливной нормы. Наличие нитратного азота в дренажном стоке при внесении мочевины и сульфата аммония, не имеющих в своем составе нитрат-иона, можно объяснить микробиологическим преобразованием азота, входящего в состав данных удобрений. Это подтверждается также наличием промежуточного продукта процесса нитрификации (нитратов) в дренажных водах всех вариантов кроме контрольного без удобрений. Наибольший вынос аммонийного азота, как и нитратного, отмечается при внесении аммиачной селитры.

Внесение удобрений оказывает определенное влияние на обменные процессы в торфяных почвах в целом, в результате чего вынос магния при внесении (NH) SO , NH NO и CO(NH) составляет соответственно 24,2, 2 и 10,2 кг/га. Подобная закономерность характеризует и вынос кальция. И если при внесении фосфорных удобрений (двойной суперфосфат) в вышеназванной дозе в почвы поступает 10 кг кальция, то выносится при варианте с (NH) SO - 69; NH NO - 27 кг/га. При варианте с CO(NH) - выноса кальция не происходит.

Влияние удобрений на обменные процессы в почвах носит сложный характер. Если в контрольном варианте без удобрений нитратный азот в водной вытяжке отсутствует, то в варианте с внесением сульфата аммония его содержание в дренажном стоке 0,44, после внесения аммиачной селитры - 0,33 мг/л в слое 0-20 см. Кроме того, в водной вытяжке после проведения данного опыта существенно возрастает концентрация магния и кальция. В анионном составе водной вытяжки из торфяных почв появляется нитрат-ион. В основном все представленные взаимосвязи содержания отдельных компонентов в дренажных водах и объема стока описываются параболическими зависимостями. Отсутствие прямолинейной связи показывает, что в данной зависимости существенную роль играют и другие физико-химические и биологические факторы.

Динамика состава компонентов дренажного стока в дерново-глееватых почвах имеет свои особенности. Значительно больше (в пределах 54-120 кг/га) выносится нитратного азота, особенно при внесении аммиачной селитры. Вместе с тем, в дренажных водах дерново-глееватых почв практически отсутствует аммонийный азот. С увеличением нормы полива наблюдается и увеличение выноса магния во всех вариантах (от 12 до 42 кг/га), но в наибольшей мере - при внесении аммиачной селитры. Вынос сульфатов характерен только при внесении сульфата аммония.

Следует отметить, что в дерново-глееватых почвах происходит фронтальная миграция элементов удобрений и продуктов их обмена с почвой, так как поглощение их почвой очень незначительно. Это подтверждается составом водных вытяжек из почв до и после проведения описанного опыта. Концентрация ингридиентов в водной вытяжке дерново-глееватых почв после проведения опыта увеличивается в 1,1-10,0 раз. Вынос данных ингридиентов имеет неблагоприятные последствия: происходит загрязнение вод зоны аэрации, неэффективно используются минеральные удобрения, вследствие нарушения обменных процессов снижается плодородие мелиорируемых почв.

Выход из создавшегося положения пытаются найти многие исследователи. Прежде всего предлагается вносить слаборастворимые азотные удобрения, азот которых постепенно переходит в растворимую форму, например, различные поликонденсатные мочевины (уреаформы оксамид и др.), удобрения с разными пленочными покрытиями [Городецкая, 1983 и др.]. На наш взгляд, более приемлем другой метод - оптимизация солевого баланса. Так, взяв за основу процессы азотпревращения, в почвах следует оптимизировать азотный режим в сторону преимущественного образования аммонийного азота, который может фиксироваться в почвенном поглощающем комплексе и в значительно меньшей степени подвергаться выносу по сравнению с нитратным. Оптимальное регулирование водно-воздушного режима в почвах позволит сбалансировать кислотно-щелочное равновесие.

Миграция химических элементов в системе АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ-ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ на объекте осушения. В течение 1977-1983 гг. проводились наблюдения за химическим составом атмосферных осадков, дренажных и подземных вод на объектах осушения дренажем и закрытыми каналами (пойма р.Кии, Зырянский район). Объем дренажного стока замерялся ежедневно. Вода для химического анализа дважды в месяц отбиралась из коллекторов. Анализ проводился по методике А.А.Резникова (1970). Анализ уровня подземных вод и их гидрохимического состава приводится по гидрорежимным скважинам ПГО "Томскнефтегазгеология" за 1973-1982 гг., заложенных на исследуемой территории. Две из них (1 т и 16 т) находятся на первой террасе р.Кии (соответственно глубины 80 и 17 м), возраст водоносного горизонта - Q III, еще две (5 т и 18 т) – в пойме р.Кии (соответственно глубины скважин 37 и 13 м), возраст водоносного горизонта - Q IY.

Результаты наблюдений за составом атмосферных осадков по Западной Сибири приведены в немногочисленных работах [Казанцев, 1978, 1979а, 1979б; Панин, 1977], подробный анализ которых дан в монографии И.Н.Угланова (1981). Авторы отмечают, что химический состав атмосферных осадков в Западной Сибири зависит от степени

континентальности климата. Их минерализация в средней и южной тайге составляет 10-15 мг/л, в подтайге - 20-37 мг/л. Ежегодное поступление солей на 1 квадратный км соответственно по подзонам 5-8 и 9-18 т. Минерализация и химический состав атмосферных осадков очень изменчивы и зависят от времени года, близости антропогенных источников загрязнения и направления ветров. Наиболее важны при подобных исследованиях систематические наблюдения на метеостанциях. Для анализа привлечем имеющиеся результаты исследований состава твердых атмосферных осадков Н.А.Ермашовой (1979), а также собственные наблюдения на мелиорируемом участке поймы р.Кии [Ермашова, Инишева, 1984]. Атмосферные осадки, как известно, делятся на твердые и жидкие. Их значимость с точки зрения поступления веществ в почвы и далее в грунтовые воды определяется содержанием компонентов и количеством осадков. Твердые атмосферные осадки, выпадающие в пределах рассматриваемого региона, по классификации О.А.Алекина относятся к гидрокарбонатному или хлоридно-карбонатному классу, натриевой и натриево-кальциевой группам, I типу, со средней минерализацией от 15 до 72 мг/л. Во всех снеговых водах нами обнаружен аммоний, из соединений железа преобладают закисные формы, из щелочно-земельных оснований - натрий, затем кальций. В анионном составе повсеместно отмечаются гидрокарбонаты и хлориды (табл. 63).

Таблица 63

Химический состав твердых атмосферных осадков,

Обь- Чулымское междуречье

Компонент	Среднее содержание, мг/л	Коэффициент вариации, %	Компонент	Среднее содержание, мкг/л	Коэффициент вариации, %
Минерализация	I8,05	35	Mn	I3,03	4I
HCO_3^-	9,27	84	Pb	8,05	I37
Cl^-	4,09	94	Cu	24,00	35
SO_4^{--}	2,27	85	Zn	46,43	438
NO_3^-	0,43	669	Mo	2,85	I43
Ca^{++}	I,56	60	Ni	0,2I	II0
Mg^{++}	0,52	9I	Ti	3,05	450
$Na^+ + K^+$	3,98	53	Ba	3,70	I85
NH_4^+	0,64	52	Sr	4,I4	II4
Fe^{+++}	0,04	67	Za	0,2I	95
Fe^{++}	0,I3	I47	Cr	0,I6	87
Перманганатная окисляемость	I,87	3I	Ar	0,023	I29
pH	6,3I	9	Co	0,08	84
			Zr	0,46	80
			Se	0	-
			Be	0,02	95
			Va	0,I3	52

Воды твердых атмосферных осадков характеризуются высокой перманганатной окисляемостью, угле- и общекислотной агрессивностью, благодаря чему представляют собой довольно реакционно способную среду, которая при контакте с почвой вызывает обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом и определяет процессы преобразования минеральной части почв. Следует отметить высокую вариабельность практически всех ингредиентов состава твердых атмосферных осадков, особенно анионов NO_3^-. Так, содержание нитратов изменяется от 0,0125 до 0,5000 мг/л. В твердых атмосферных осадках в большом разнообразии содержатся микроэлементы. Почти во всех анализируемых пробах обнаружен титан (3-11 мкг/л). Часто встречаются фтор, марганец, галлий (см.табл.63).

В условиях Томской области на твердые атмосферные осадки приходится 20-30% годовой суммы или на Обь-Чулымское междуречье приходится от 70 до 135 мм. Отсюда с твердыми осадками в почву поступает незначительное количество химических соединений. Основная часть компонентов поступает с жидкими атмосферными осадками, которые составляют 70-80% годовой суммы (табл. 66).

В катионном составе жидких атмосферных осадков преобладают ионы кальция и магния, в анионном - гидрокарбонаты, затем хлориды и сульфаты, значительно повышена минерализация за счет повышения всех ингредиентов и особенно анионов HCO_3^- и катионов Ca^{2+}.

Таблица 66

Поступление химических элементов с жидкими атмосферными осадками, Обь-Чулымское междуречье, кг/га

Компонент	Количество атмосферных осадков, м³/га									
	2450		2800		3150		3600			
	Пределы поступлений	Средн. поступ.	Пределы поступлений	Средн. поступ.	Пределы поступлений	Средн. поступ.	Пределы поступлений	Средн. поступ.		
$Na^+ + K^+$	0,49-II5,47	I0,29	0,56-I32,I0	II,76	0,63-I48,6	I3,23	0,72-I69,67	I5,I2		
NH_4^+	сл. - 3,68	I,79	сл. - 4,20	2,04	сл. - 4,72	2,30	сл. - 540	2,63		
Ca^{++}	0,00-II2,70	22,05	0,00-I28,80	25,20	0,00-I44,90	28,35	0,00-I65,60	32,40		
Mg^{++}	0,00-26,70	5,34	0,00-30,52	6,I0	0,00-34,34	6,87	0,00-39,24	7,85		
$Fe_{общ.}$	0,00-2,45	0,76	0,00-2,80	0,87	0,00-3,I5	0,98	0,00-3,60	I,I2		
Cl^-	4,4I-47,78	I6,66	5,04-54,60	I9,04	5,67-6I,42	2I,42	6,48-70,20	24,48		
SO_4^{--}	3,92-II7,36	25,28	4,48-I34,I2	28,90	5,04-I50,88	32,5I	5,76-I72,44	37,I5		
NO_3^-	0,00-II,02	2,I3	0,00-I2,60	2,44	0,00-I4,I8	2,74	0,00-I6,20	3,I3		
HCO_3^-	29,89-4I8,46	93,74	34,I6-478,24	I07,I3	38,43-538,02	I20,52	43,92-6I4,88	I37,74		

Рассмотрим состав поровых растворов торфяных почв. В течение двух лет проводились наблюдения за динамикой водорастворимых соединений в данных растворах, которые выделялись на центрифуге с ускорением 3,9q в течение 5 мин и анализировались методом полумикроанализа. По химическому составу поровых растворов вынос элементов рассчитывался следующим образом: полная влагоемкость метрового слоя торфяных почв равна 820 мм, на гравитационный сток может быть израсходовано до 0,3 ПВ или 246 мм. В данном количестве гравитационной влаги

согласно составу поровых растворов содержится 17-189 кг нитратного азота, 10-103 кг аммонийного азота, 12-934 кг кальция, 10-418 кг магния, 42-322 кг бикарбонатов, 19-37 кг калия, 1476-23616 кг/га сульфатов в метровом слое. С учетом выноса элементов дренажным стоком в водоприемник и, не принимая во внимание вынос элементов с урожаем, баланс химических элементов в системе АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ-ПОЧВЫ-ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ представим следующим образом (табл. 67). Следовательно, основной вынос химических элементов приходится на подземные воды.

Таблица 67

Элементы баланса химических элементов в системе осадки – почвы – подземные воды на объекте осушения

Статьи баланса	Ca^{++}	Mg^{++}	K^{+}	NH_4^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{--}	NO_3^{-}
			Приход, кг/га				
с осадками	0,3-II2,7	0,I-27,9	не опр.	0,I-4,4	36,6-439		0-I2
поровые растворы	I2-934	I0-4I8	I9-37	I0-I03	42-322	I476-236I6	I7-I89
сумма	I2-I046	I0-445	I9-37	I0-I07	72-76I	I480-23724	I7-20I
			Расход, кг/га				
вынос дренажным стоком	I0-35	2-6	2-4	0	I8-47	25-30	I,0
			разность между приходом и расходом				
возможное поступление в подземные воды	2-I0II	8-439	I7-33	I0-I07	54-704	I455-23694	I6-200

Осушение вызвало снижение УГВ на пойме на 50-60 см, на террасе - до 170 см. Изменился их гидрохимический состав. Содержание Ca^{++} в водах первой надпойменной террасы составляет 40-80 мг/л, поймы - 40-90 мг/л. Если сравнить данные показатели с содержанием Ca^{++} в подземных водах первой надпойменной террасы за пределами мелиорированного участка, то можно констатировать увеличение содержания Ca^{++}на 20мг/л через 10 лет после начала осушения. Среднее содержание NH_4^{+} в отложениях подземных вод поймы и надпойменной террасы составляет соответственно 2,0-2,5 и 0,6-1,1 мг/л с максимальным содержанием соответственно 21,4 и 13,6 мг/л. Данное содержание NH_4^{+} отмечается в водах и за пределами мелиоративного участка. Среднее содержание HCO_3^{-} в отложениях тех и других вод составляет 150-200 мг/л. Содержание SO_4^{--} в водах первой надпойменной террасы изменяется от 6 до 23 мг/л с преобладанием 6-9 мг/л, а в подземных водах за пределами мелиорируемого участка составляет 3-6 мг/л. Концентрация NO_3^{-} в водах изменяется в пределах 1-2 мг/л.

Таким образом, на основании полученных результатов отмечается определенное влияние осушения на химический состав подземных вод, которое особенно четко проявляется через 10-летний период. Прежде всего, данное изменение намечается в динамике Ca^{++} и SO^{--}. Следует подчеркнуть, что полученные данные – результат 12-летнего осушения, из которого на интенсивное осушение посредством дренажной сети приходятся последние 7 лет. Причем объект осушения используется под культурный сенокос. Таким образом, интенсивность дренирования и направление сельскохозяйственного использования не создают условия для дальнейшего увеличения выноса химических элементов из почвенного профиля.

Проведенный баланс в системе АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ-ПОЧВА-ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ показывает, что основной вынос химических элементов направлен в подземные воды, и, следовательно, создание оборотных систем водоснабжения при двустороннем регулировании водного режима почв позволит возвратить в почву от 1 до

25% вынесенных химических элементов. Отсюда также следует, что возможным способом уменьшения указанного выноса может быть оптимизация почвенных режимов с целью сохранения баланса веществ, близкого к генетически обусловленному.

В настоящее время в поймах Западной Сибири проектируются и строятся подобные польдеры с двусторонним регулированием водного режима, причем в проекте предусматривается 2 способа увлажнения: шлюзование и орошение. Один га данных земель обходится в 6 тыс. рублей. Со строительством оборотных систем стоимость мелиорации, безусловно, еще увеличится.

И, наконец, представляет интерес рассмотреть влияние сброса дренажного стока в водоприемник с целью прогноза гидрохимического состояния реки. В нашем конкретном случае данным водоприемником является р.Кия. Исследования велись по следующей схеме:

1) определение гидрохимического состава вод р.Кии;

2) выявление площадей пойменных земель и состава почв, пригодных для сельскохозяйственного использования на основе карты мелиоративного фонда, почвенно-мелиоративной и топографической карт;

3) привязка в плане сбросных створов выявленных площадей;

4) выбор способа осушения;

5) определение показателей стока с осушаемых земель для периода весеннего половодья, когда отмечается наибольший вынос химических элементов.

Кроме того, были определены гидрологические характеристики реки: максимальные уровни реки заданной обеспеченности, расчетные зависимости расхода, средней скорости, глубины и ширины реки, коэффициент Шези потока от уровня воды в реке, расчетные гидрографы половодья заданной обеспеченности, уровни воды в реке, для которых производятся расчеты разбавления. Расчет разбавления сбросных (дренажных) вод делался по методикам А.Н.Фролова-Родзиллера, М.Н.Яковлева и др. (1976) и В.О.Михайлова (1978). Расчеты выполнены на ЭВМ М-220 и БЭСМ-4. Приведем основные результаты, полученные в процессе исследования. Из всего фонда пригодных к освоению в пределах Томской области пойменных земель р.Кии 3132 га требуют орошения, 2298 га - осушения открытой сетью, 9199 га - осушения двусторонним регулированием. Строительство соответствующих мелиоративных систем определяет образование 20 створов сброса вод с мелиорируемых участков. Как показывает анализ расчетов, сброс дренажных вод в р.Кию снижает концентрацию в реке анионов бикарбонатов, катионов аммония и общего железа, максимальное уменьшение содержания которых происходит на 1-5% по HCO -, на 3,2% по NH_4^+, на 8,4% по общему железу. Содержание же катионов кальция, магния и анионов сульфатов и нитратов в реке увеличивается. Максимальное увеличение содержания Ca^{++} составит 21,8%, Mg^{++} - 22,3%, SO_4^- - 70,8%, NO_3 - 6,2%. Однако отмеченное увеличение содержания катионов кальция и магния, анионов сульфатов и нитратов отмечается в пределах меньших их ПДК по санитарным нормам. Проведенный расчет показывает, что при существующем уровне агротехники и химизации размещение в пойме р.Кии 20 объектов осушения, аналогичных объекту "ВЕРХНИЙ ЛУГ", не нарушит гидрохимического режима реки.

Г л а в а 4. СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

Результаты исследований режимов мелиорируемых почв показывают, что мелиорация не должна ограничиваться и исчерпываться только подачей воды на орошение или отводом ее при осушении. Она обязательно должна быть комплексной, то есть сочетаться с другими видами мелиоративных и культуртехнических работ. Непосредственным объектом мелиорации является почва. Ныне стало очевидно, что почвенные ресурсы ограничены и не могут увеличиваться. Почвенный покров выполняет биоэкологические (концентрация живого вещества), биоэнергетические (накапливание энергии в гумусе, торфе), биогеохимические (миграция химических элементов и их соединений) и другие функции и, следовательно, требует особо бережного отношения.
В логическом единстве с данным пониманием почвы находится предложенный подход к проектированию и последующему практическому осуществлению комплексных мелиораций с позиций оптимизации режимов почв.

Современная мелиорация, учитывающая только потребности растений и основывающаяся на изменении только водного баланса почв, ведет к нарушению сложившегося круговорота веществ в педосфере и далее в биосфере в целом.

В результате исследований выявлена степень воздействия осушения/орошения на режимы почв пойм. Так, в условиях интенсивного осушения в почвах изменяется направленность биохимических режимов, нарушается экологическое равновесие, что приводит к увеличению биологической активности и как следствие - к увеличению количества подвижных химических соединений и их миграции в грунтовые и подземные воды, вызывающей изменение их гидрохимического состава. В то же время оптимизация биологического состояния почв пойм заключается в поддержании граничных условий генетически обусловленных почвенных режимов. Так, влажность почв низкой поймы генетически оптимальна в пределах 0,8-0,9 ПВ, окислительно-восстановительный режим – в пределах 300-400 МВ и 500-600 мВ, состояние азотного режима определяется подвижными формами аммонийного азота.

Контролирующим показателем мелиоративного воздействия является биологический фактор, характеризующийся узким диапазоном реакции на внешние условия. Таким образом, целью комплексной мелиорации должна быть оптимизация почвенных режимов. Подбор сельскохозяйственных культур должен проводиться согласно свойствам и режимам почв, для которых планируются данные культуры. Отсюда коренным образом меняется подход к комплексной мелиорации почв.

Суть почвенно-генетического обоснования комплексных мелиораций изложена в виде модели с помощью диаграммной техники Форрестера (1971), которая в последнее время широко применяется в научных исследованиях (рис. 42). Модель (ПГОКМ) имеет три этапа решения:

- исходное состояние почв;
- оптимизация почвенных режимов;
- эколого-экономическая оценка вариантов мелиоративных решений.

Первоначально рассматриваются все режимы в почвах естественного генезиса. Представляется исходное состояние почв (почва-память, комплекс устойчивых свойств и признаков, по В.О.Таргульяну и И.А.Соколову (1976)). Указанные данные поступают в четыре блока: тепловой, водный, солевой и биологический, - потоки информации от которых направляются в блок оптимизации, где, кроме того, концентрируется вся информация о требованиях растений к почвенным режимам, экологические требования почв (почва-момент, совокупность наиболее изменчивых процессов и свойств в момент наблюдения) и варианты инженерных решений оптимизации соответствующих режимов

на почвенно-генетической основе с учетом планируемого урожая сельскохозяйственных культур.

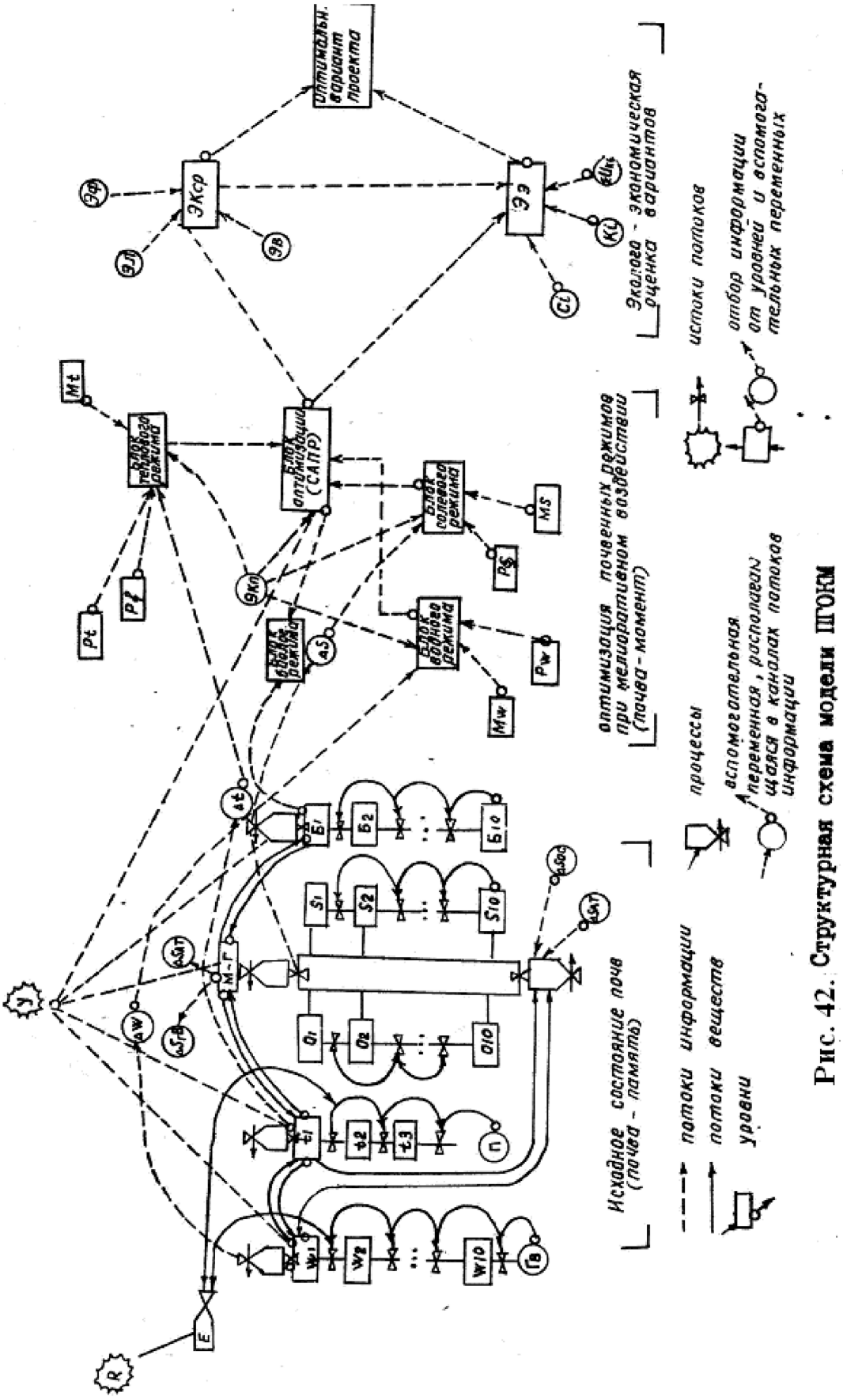


Рис. 42. Структурная схема модели ПУОМ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К РИСУНКУ 42

Y - планируемый урожай;
Pw - требования растений к влаге;
Pt - требования растений к температуре;
Ps - требования растений к пищевому режиму;
Pf - требования растений к физико-химическим свойствам почв;
Wi - влагозапасы i-того слоя почвы;
Ti - температура i-того слоя почвы;
Гв - грунтовые воды;
R - метеоусловия;
E - суммарное испарение;
П - промерзание;
ё W - недостаток/избыток влагозапасов;
- T - недостаток тепла;
M - минерализация;
Г - гумификация;
И - иммобилизация;
Mt - мелиорация тепловая (инженерно решенная);
Mw - мелиорация водная (инженерно решанная);
Ms - мелиорация агрохимическая;
ЭКп - экологический фактор почв;
ЭКср - экология среды;
O1...O10 - органические вещества в слоях 0-10...90-100 см
S1...S10 - соли в слоях 0-10...90-100 см;
Soc - поступление солей с осадками;
Sat - поглощения азота из атмосферы;
Sгв - вынос солей грунтовыми водами;
Эф - экология фауны и флоры;
Эл - экология ландшафта;
Эв - экология подземных и грунтовых вод;
Ээ - экономическая эффективность;
Ki - вариантные капитальные затраты;
Ci - ежегодные затраты, связанные с эксплуатацией системы, увеличением уборочной техники, отнесенной к дополнительному урожаю культур;
UKi - ущерб от недобора урожаев сельскохозяйственных культур;
K - количество периодов полевого сезона культуры, в который возникают ущербы.

Блок оптимизации после контроля (совета) со всеми блоками режимов выдает несколько вариантов проектов объекта мелиорации. Далее проводится эколого-экономическая оценка планируемых мелиоративных мероприятий. Рассмотрим каждый этап в отдельности. Блок расчета тепло/влаго/солепереноса в почвах очень важен в модели почвенно-генетического обоснования комплексных мелиораций (ПГОКМ). Перераспределение влаги, тепла и солей в почвах, происходящее в большом пространственном объеме и развивающееся во времени - сложная задача, выполнить которую можно путем изучения режимов: водно-воздушного,теплового, солевого, окислительно-восстановительного и биологического. Одним из методов полного изучения режима конкретного компонента состава почвы является определение полного баланса каждого компонента в отдельности и во взаимодействии.

Главная принципиальная трудность заключается в том, что в почве одновременно идет очень большое число разнообразных микропроцессов. Современное состояние науки не обеспечивает нам возможности количественного их определения и оценки каждого микропроцесса интегральной составляющей от одновременного взаимодействия нескольких почвенных режимов. Исключение составляют водный и тепловой режимы, так как в данных областях уже возможно составление полного баланса. Для водного режима можно количественно охарактеризовать следующие составляющие: поступление влаги в почву (из атмосферы, грунтовых вод), стоки (поверхностный, внутренний, грунтовый), испарение (суммарное, с поверхности почвы, эвапотранспирация), изменение содержания влаги за определенный период времени. Метод водного баланса при изучении мелиорируемых почв впервые был применен А.Н.Костяковым в 1919 г. В настоящее время в СССР и за рубежом известно более 40 методов расчета водного баланса. В наших исследованиях использован метод А.Н.Костякова (1951), учитывающий следующие составляющие:

$dw = (P - V - S) + (G + A - O) + E$, где

dw - приток/отток запаса почвогрунтовых вод в определенной толще грунта данного массива;

P - атмосферные осадки;

V - поверхностные воды, поступающие извне, со стороны водосбора или снизу;

S - сток всей поверхности воды за данный период;

G - приток грунтовых или фильтрационных вод на данный массив;

A - конденсация в почве атмосферной влаги;

O - отток почвогрунтовых вод за пределы массива;

E - величина суммарного испарения влаги из почвы.

В условиях высокой незатапливаемой поймы (дерновые почвы) расчет водного баланса показал, что полный влагооборот измеряется величинами 1153-1456 мм. Однако водный баланс почв на низкой и даже обвалованной пойме рассчитать не удается, так как в период паводков на водный режим оказывает влияние гидравлический подпор от реки.

Одним из дальнейших путей совершенствования расчетов водных режимов на мелиорируемых землях является применение системы уравнений тепло- и влагопереноса, служащих для прогнозирования водного режима при мелиоративном воздействии. При расчете могут быть использованы известные модели тепловлагопереноса [Коссовича (1904), Букингема (1907), Гарднера и Уинстона (1921), Ричардсона (1931), Клюта (1952), Коваленко (1965),Чайлдса (1973), Галямина (1981, 1983), Саноян (1982)].

Однако, как отмечает А.Г.Булавко (1971), не следует переоценивать возможности применения методов математического моделирования, рационально использовать которые можно при наличии полноценной информации о поведении водно- и тепло-балансовых систем в изменяющихся условиях. Необходимы многолетние наблюдения за режимами почв в полном объеме с целью получения информации о сущности протекающих процессов и их количественной характеристике. Так, за 5-летний период наблюдений за водным режимом орошаемых дерновых почв высокой поймы (р.Томь), только дважды отмечался дренажный сток за пределы зоны аэрации вследствие сложившихся нестандартных внешних условий (незначительные, но непрерывные осадки и проведенный полив),которые обусловили появление стока до 7-13 мм. Разработка математической модели функционирования водно-тепло-балансовой системы возможна только при высоком уровне исследования данной системы и при наличии полной информации о ее свойствах и режимах в до- и послемелиоративный периоды. Так, в исследуемых орошаемых дерновых почвах на глубине 160 см легкоглинистый гранулометрический состав сменяется на супесчаный. На данной глубине постоянно отмечалось скопление влаги, которая влияла на динамику влажности почв. В осушаемых

торфяных почвах низкой поймы (р.Чулым), в которых УГВ на опускался за предел 120-150 см, даже незначительный подъем УГВ под влиянием атмосферных осадков или паводков оказывал существенное влияние на водный режим, оценить который количественно не представлялось возможным.

Наконец, согласно исходной постановке задачи – получения заданного урожая сельскохозяйственных культур при условии сохранения и поддержания экологических требований почв в процессе мелиоративного воздействия - следует, что в моделях должны быть введены ограничения эколого-генетического характера на термический, водный, а также солевой режимы. Данный подход представляет собой решение одной из обратных задач - нахождение граничных условий, обеспечивающих минимальное отклонение параметров тепло/влаго/солепереноса (ТВСП) от принятых ограничений. В наших исследованиях данные ограничения по режиму влажности были получены в процессе проведения модельных опытов с разными вариантами, имитирующими затопление, дренажный сток разной интенсивности и объема, мощность и состав зоны ТВСП. Ограничения эколого-генетического характера для разных пойменных почв различны. В условиях орошения дерновых почв высокой поймы, характеризующихся благоприятными водно-физическими свойствами, режим влажности должен поддерживаться в пределах 0,85 ППВ, дерново-глееватых почв высокой поймы - 0,85-1,00 ППВ. В то же время оптимизация влажности в осушаемых торфяных почвах не должна выходить за пределы 0,7-0,9 ПВ. При данных условиях влажности генетически обусловленное равновесие в почвах сохраняется как угодно долго, определяя дальнейшее развитие почвенных режимов к состоянию климакса в условиях конкретного природного региона.

С водным и тепловым режимами связаны процессы передвижения в почвах солей, которые также рассматриваются в метровой мелиорируемой толще. В предлагаемой модели ПГОКМ (см. рис. 42) учитывается также поступление солей с атмосферными осадками и удобрениями, поглощение азота из атмосферы и вынос солей с дренажным стоком. Динамика солевого режима усложняется вследствие учета биологических процессов, а также поступления подвижных химических соединений при превращении органического вещества в почвах, которое может идти в двух направлениях: минерализации и гумификации. Результирующая от уравнения трансформации органического вещества входит в уравнение солепереноса. Следует отметить, что уравнение солепереноса может быть расширено за счет трансформации отдельных компонентов, составляющих органическое вещество почв: фосфор-, серо- и азотсодержащих соединений.

В ряде случаев невозможно установить, что служит причиной наблюдаемых изменений в содержании соединения, его перемещение в почве или превращение. В данном случае соединения (соли или органическое вещество почв) могут одновременно и передвигаться в почвенной толще, и подвергаться различного рода химическим превращениям. В данных случаях составить полный режим и баланс вещества не представляется возможным.

Заслуживают внимания математические и концептуальные модели трансформации органического вещества, которые входят в блок солепереноса (см. рис. 42). Гумус почвы - динамическая система, он все время обновляется за счет поступления и гумификации новых органических остатков. Данный процесс идет непрерывно, не начинаясь и не оканчиваясь.

Определение абсолютного возраста ^{14}C разных фракций гумусовых веществ показывает, что в составе гумуса одновременно содержатся вновь образованные гуминовые кислоты и "старые" кислоты, которым 5-7 тыс. лет [Глазовская, 1984]. Вместе с тем, в возрастном отношении, как отмечают многие авторы, возраст гуминовых кислот дифференцируется по почвенному профилю: чем глубже, тем старше. Вероятно, перемещение и образование гуминовых кислот в менее контрастных гидротермических

условиях способствует частичному снижению процессов трансформации в сторону поликонденсации молекул гуминовых кислот. Составление и решение алгоритма процесса трансформации органического вещества - труднейшая задача, так как данный процесс одновременно идет в разных направлениях, а результирующая определяется всеми направлениями.

Для модели ПЭОКМ важен конечный результат данного процесса - увеличение подвижных питательных элементов для сельскохозяйственных культур. Вместе с тем, процесс трансформации органического вещества должен проходить в оптимальном экологическом режиме: при соблюдении в почве бездефицитного баланса гумуса.

Первые подходы к математическому описанию динамики органического вещества принадлежат Н.М.Сибирцеву (1900) и Г.Иенни (1948). Последний предположил, что разложение гумуса подчиняется экспоненциальному закону. А накопление гумуса означает развитие экосистемы и переход ее к состоянию климакса. Основываясь на формулах Г.Иенни, Т.Г.Гильманов (1975) вывел формулу для определения изменения общего количества гумуса в почвенном слое в возрасте t в зависимости от времени почвообразования t. Э.Эвальд (1972) и С.А.Алиев (1978) предложили уравнения баланса органического вещества (ОВ) и определение интенсивности гумусонакопления по отношению коэффициента гумификации к коэффициенту минерализации.

В отличие от всех рассмотренных выше уравнений модель С.А.Алиева имеет ряд преимуществ. В ней учитываются процессы гумификации/минерализации во вновь поступившем ОВ - отдельно от запасов гумуса в почве в связи с их разным микробиохимическим составом. Высказанное С.А.Алиевым предположение в дальнейшем было подтверждено работами Н.Миндерманна (1968), F.Bunnel (1974), которые использовали в модели сумму экспонент, характеризующих разложение отдельных веществ: сахаридов, гемицеллюлоз, лигнинов, фенолов. Однако в формуле, предложенной С.А.Алиевым, не учитывается разложение запасов почвенного гумуса. Предполагается, видимо, что его запасы постоянны. В то время как еще И.В.Тюриным (1965) было предложено уравнение минерализации ОВ, где приводились две скорости разложения: для свежего ОВ и гумуса.

Следует также отметить, что в ряде работ высказывается сомнение в правильности подхода к разложению ОВ по экспоненциальной зависимости [Pinch, 1950; Floate, 1970; Martel, 1970; Hunt, 1977]. Есть и другая точка зрения на процесс разложения ОВ - с позиций термодинамики [Кононова, 1960; Miller, 1964; Чертов, 1985]. По трансформации азотсодержащих органических веществ количество теоретических и экспериментальных работ чрезвычайно велико. За последнее десятилетие создано немало моделей круговорота азота в экосистемах [Титлянова, 1976]. На состоявшейся в 1978 г. в Бразилии встрече по моделированию поведения азота в системах ПОЧВА-РАСТЕНИЕ было рассмотрено 29 моделей [Simulation, 1980]. Известны модели J.Ross (1977), Н.А.Кан (1982), Т.Г.Гильманова (1982), А.Я.Вина (1986), Х.Кейлин (1986). Если сравнить первоначальные и современные модели трансформации ОВ, в том чиле и азотсодержащего, то общее у них - выбор направления математического моделирования, а отличия - усиление биологической составляющей в последних. При расчетах процессов передвижения в почвах солей могут быть использованы известные модели баланса органических и минеральных веществ, солепереноса [Глазовская, 1972; Базилевич, 1976; Титлянова, 1983; Зеленев, Розанов, 1984; Титлянова, Лунник, 1986] статистические зависимости - вынос химических элементов от объема стока, его динамики и др. [Климке, 1979; Канцибер, 1979]. Каждый из принятых авторами способов построения модели имеет определенные недостатки и достоинства, что не исключает использование математических моделей для вариантных проработок мелиоративного прогноза. Рост масштабов мелиоративного строительства обуславливает повышение требований к прогнозу. Разобщение исследований отдельных составляющих природного комплекса приводит к крупным просчетам. Примером может служить не всегда удачное

осушение в Белоруссии, когда в результате минерализации и эрозии торфяного слоя при глубоком осушении почвообразующие породы вышли на поверхность на площади более 70 тыс. га [Лиштван, 1986]. Данные неудачи являются результатом недостаточного знания сущности процессов, протекающих в зоне аэрации в естественном состоянии и при мелиоративном воздействии.

Следует отметить, что на современном уровне развития математических методов в почвоведении, когда каждый режим почв решается чаще всего в отдельных (изолированных) моделях, обеспечение комплексного решения оптимизации почвенных режимов в естественном состоянии и при мелиоративном воздействии представляет пока значительные трудности. В наших исследованиях проявилась значимость окислительно-восстановительного, микробиологического и энзимологического режимов. В условиях орошения при продвижении поливной влаги по профилю происходило изменение значений ОВП, но в дерновых почвах высокой поймы в сторону увеличения, а в дерново-глееватых почвах низкой поймы в сторону уменьшения, характеризуя ОВ-условия в момент полива. Динамика ОВП существенно изменяется в течение дня (на 300-400 мВ) до глубины 1 м, что свидетельствует об изменении условий в почвах по всей глубине. В осушаемых почвах значения ОВП позволяют разграничить почвенный профиль на зоны, характеризующиеся своими ОВ-условиями и микробобиохимическими процессами. ОВП имеет наибольшее количество связей с другими почвенными составляющими. Следовательно, можно предположить, что ОВП является одним из важнейших показателей экологического равновесия почв на каждый момент времени.

Весьма важным является установление для почв всех типов микробобиохимических режимов, которые принимают участие в почвообразовании. Без расшифровки данных процессов трудно будет разобраться в сущности почвообразования и выйти на его математическое и физико-математическое моделирование. Это следует из того факта, что исследование микробобиохимических процессов, с одной стороны, ведет к решению почвенно-генетических вопросов, а с другой, - к пониманию природы почвенного плодородия. Таким образом, в модели ПГОКМ данный режим присутствует в двух видах. Он представлен как самостоятельный блок в этапе модели "почва-память" и входит составной частью в блок трансформации органического вещества почвы.

Исследования, проведенные на почвах пойм, показывают, что не всегда увеличение содержания элементов питания растений и других подвижных соединений в почвах, свидетельствующее об улучшении их агрохимических свойств, свидетельствует о сохранении и экологического равновесия в почвах. Переход элементов из труднодоступного состояния в подвижные формы способствует их миграции за пределы почвенного профиля. На самом же деле происходит увеличение микробиологической и энзимологической активности, в результате чего разрушается органическое вещество почв, его фракции перераспределяются по степени гидролизуемости и далее - нарушается биологическое и экологическое равновесие. Как показали наши 12-летние исследования режимов почв на объекте осушения, состав микробоценоза и ферментативная активность почв - показатели-индикаторы начавшегося процесса разрушения экологии почв.

Из всего сказанного следует, что исследования первого этапа (исходного состояния почв) модели ПЭОКМ сводится к решению задач оптимизации действия сложных систем и процессов в ненарушенном состоянии. Результаты решения указанной задачи в значительной мере будут зависеть от критерия оптимизации, принятых в расчетах переменных и ограничений на них, математического описания процессов, частоты и глубины мелиоративного воздействия, выбора метода расчета оптимальных почвенных режимов.

Следует заметить, что в последние годы исследователи все чаще обращаются к таким понятиям, как режимы и параметры почв, их оптимизация. Однако каждый автор вкладывает свой смысл в данные термины.

Так, А.Г.Медведев и др. (1984) под оптимизацией понимают одноразовый прием создания экологически устойчивых дерново-карбонатных легкосуглинистых почв, оцениваемых в БССР в 93+3 балла, с которых получают реальный урожай зерновых 65+5 ц/га. данные почвы взяты в качестве теоретической модели для оптимизации органогенных и минеральных почв БССР. Метод оптимизации, как утверждают авторы, заключается в создании искусственного пахотного горизонта разных мелиорируемых почв аналогичного указанному горизонту дерново-карбонатных почв.

Институтом БелНИИПиА также разработаны научные основы расширенного воспроизводства почвенного плодородия посредством оптимизации свойств почв. Так, Т.Н.Кулаковской и Л.П.Детковской (1986) приводятся оптимальные параметры агрохимических свойств дерново-подзолистых почв разного грануло - метрического состава. Например, оптимальные параметры содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах суглинистого состава составляют 2,5-3,0%, супесчаного - 2,0-2,5%, песчаного - 1,8-2,0%. Оптимальные показатели приведены и для таких агрохимических свойств данных почв, как сумма поглощенных оснований, подвижные формы фосфора, калия и магния, которые обеспечивают наиболее благоприятные условия формирования урожаев.

Подобные же параметры приводятся для торфо-болотных и заболоченных почв пойм [Кулаковская, 1984]. Интегральная модель оптимальных свойств дерново-подзолистых средне- и легко- суглинистых почв данного автора представлена в виде оптимальных значений параметров, показателей, характеризующих состояние плодородия и приемов, обеспечивающих достижение оптимальных свойств. Как полагает автор, "модель позволяет прогнозировать изменения во времени исходного состояния свойств почв под воздействием факторов интенсификации" [Кулаковская, 1984:254]. Автор приводит и определение модели как математического описания, способного "имитировать совокупность свойств почв в их динамическом состоянии и отражать возможные изменения под влиянием антропогенных и климатических факторов" [Кулаковская, 1984:253].

Из имеющихся подходов к оптимизации почвенного фактора урожайности следует, что можно выбрать ту или иную наиболее продуктивную почву как некий эталон для остальных почв, которые разными приемами можно привести к данному эталону. Окультуривая почву, мы пытаемся изменить генетические свойства в лучшую в агрохимическом смысле сторону. Однако факторы (причины) почвообразования, определившие формирование данных свойств, остаются. Следовательно, генетически обусловленные почвенные режимы будут стремиться вновь возвращать антропогенно созданные почвы в первоначальное состояние.

В понятие "оптимизация водного режима почв" И.И.Судницын и др. (1982) вкладывают поддержание в почве в течение вегетационного периода такого режима увлажнения, при котором все "полезные" физиологические процессы в растениях протекают с максимальной эффективностью, и урожай достигает максимума. А И.П.Кружилиным (1984) приводятся конкретные цифры оптимизации водного режима (влажность в % от НВ) для получения программируемого урожая льна и люцерны.

Есть также работы [Ефремов, 1986], в которых четко обосновывается важность знания оптимальных параметров почвенных свойств с целью комплексной диагностики их плодородия, которая включает все возможные методы исследований, направленные на выявление ведущих факторов и причин, которые определяют заданный уровень урожая с оптимальным качеством продукции. Методы диагностики контролируют (но не прогнозируют) направление и темпы изменения почвенного плодородия и оценивают значимость данных изменений для жизни растений.

Как нам представляется, если под диагностикой почв понимать определение соответствия почвенных свойств оптимальным параметрам на каждый период времени произрастания сельскохозяйственных культур, то в задачи диагностики плодородия почв должно входить исследование связей между почвенными свойствами (условиями произрастания) и показателями ответной реакции растений на изменение данных свойств, с целью выявления их оптимальных величин. Следовательно, знание режимов (что включается в задачи исследований по диагностике) должно соотноситься с моделями прогнозирования и прогнозной оптимизации при антропогенном воздействии. Таким образом, свойства почв - предмет исследований диагностики плодородия почв, а почвенные режимы - предмет исследований последующего прогнозного управления генезисом почв (поддерживание биологического равновесия внутрипочвенных процессов и сохранение обмена веществ в агробиоценозе в целом). Отсюда следует, что оптимизация почвенных режимов включает задачи не только управления генетическими процессами формирования почв, но и управлением экологической устойчивостью агробиоценоза в целом.

И в других опубликованных работах оптимизация почвенного фактора урожая обычно подменяется улучшением свойств почв некоторыми мероприятиями, которые доводят данные свойства до определенного предела [Каджюлис, 1984; Семененко, 1984, Иванов, 1984]. В своем большинстве это определенные на основании большого количества полевых опытов пределы оптимальности отдельных свойств почв. Важно также подчеркнуть, что в почвоведении не выработан еще строгий подход к терминам системного порядка, и каждый автор вкладывает свой смысл в определения "оптимизация", "оптимальные свойства", "модель", что приводит к разночтению предлагаемых теорий.

Причины разногласия заключаются в сложности почвенного прогнозирования, что создается динамичностью и многофакторностью почвенных процессов как в естественных, так и в вызванных антропогенным воздействием условиях. Почва - полидисперсная среда, состоящая из биологической, химической и физической составляющих. Поэтому в почве как в биокосной открытой системе нельзя четко выделить ценность каждой составляющей, так как динамика элементов системы оказывается результатом совместного воздействия всех компонентов среды и факторов, действующих извне.

Оптимизация - целенаправленная деятельность, заключающаяся в получении наилучших результатов при соответствующих условиях. Постановка задачи оптимизации предполагает, как известно, выполнение следующих условий: требование оптимизации только одной величины, наличие степеней свободы у оптимизируемого объекта (управляющие воздействия, которые позволяют изменять его состояния в соответствии с требованиями), возможность количественной оценки оптимизируемой величины (критерий оптимальности) [Бояринов, Кафаров, 1975]. Данные авторы отмечают, что особенность подобных задач в том, что значение критерия оптимальности определяется и существующим положением, и предысторией процесса. Это приводит к необходимости использования в качестве критериев оптимальности интегральных оценок (функционалов) вида:

$$I = \int_0^{t_{kv}} R\,dt \quad \text{, где}$$

R - заданная функция параметров, определяющих состояние процесса в момент времени t.

Исходя из данных понятий, направление исследований по оптимизации почвенных режимов включает две задачи: изучение почвенных режимов в ненарушенном состоянии, обусловленном почвообразовательными факторами, и

изучение режимов почв при антропогенном воздействии. Решение данных задач позволит оценить воздействия на почву и степень отклонения генетического хода почвенных режимов (статическая оптимизация) и на данной основе разработать подходы непосредственно к оптимизации почвенных режимов на фоне мелиоративного воздействия в процессе формирования урожая сельскохозяйственных культур (динамическая оптимизация). Любое антропогенное вмешательство вызывает сначала незаметное, а затем существенное изменение в открытой системе - почве. Мелиоративное воздействие на почву - одно из самых существенных. Увлекаясь задачей получения максимально возможных урожаев, мы упускаем из виду опасность необратимого нарушения равновесия потоков энергии и вещества в открытых системах. То есть задача динамической оптимизации должна решаться с учетом экологических требований почв. Все вместе составляет основу второго этапа ПЭОКМ.

Вполне понятно, что для оптимизации почвенных режимов найти единый, обобщающий критерий пока практически невозможно. Надо полагать, выход может быть найден при последовательном сочетании двух, трех параметров, при поиске их сочетания. Традиционно в почвоведении данный вопрос решался на уровне определения корреляционных связей и отношений и информационно-логического анализа. В наших исследованиях мы также пошли по данному пути. Были рассчитаны линейные и нелинейные парные и множественные зависимости для разных параметров почв: влажности, ОВП, подвижных химических соединений, ферментов, физиологических групп микроорганизмов.

В результате проведенных расчетов коэффициентов парной корреляции выяснилось, что наибольшее число достоверных связей отмечается между ОВП и остальными параметрами почв. Большей информативностью о направлении почвенных процессов обладают отдельные микробиологические показатели и ферменты. В исследуемых почвах пойм ими оказались аммонификаторы и фермент каталаза. С целью определения коэффициентов корреляции и выявления обобщенного параметра для разных сред, составляющих почву, проводились параллельные анализы химических элементов и параметров, характеризующих биологическую активность. В торфяных почвах, отжимах торфяных почв и поровых растворах, полученных на центрифуге, были определены аммонификаторы, нитрификаторы, денитрификаторы, олиготрофы, утилизаторы минерального азота, клостридии, агрохимические показатели, влажности (подвижные формы соединений железа, аммония), ферментов (каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, уреаза, инвертаза), элементы водной вытяжки. Подробно данный опыт описан в монографии [Славнина, Инишева, 1987]. Наибольшее количество параметрических связей отмечалось между микрофлорой и каталазной активностью. Следует особо отметить, что подсчет корреляционного отношения между множеством параметров, о которых говорилось выше, показал, что вид данных связей носит сложный характер с преобладанием нелинейных зависимостей. Нами были сделаны выводы о возможности обобщеннных критериев для оценки оптимизации почвенных режимов, в качестве которых были названы ОВП, каталаза, затем пероксидаза, полифенолоксидаза, аммонификаторы. Но данные критерии являются предварительными, так как в наших исследованиях не ставилось целью их выявление, полученные результаты оказались сопутствующими.

Таким образом, указанные критерии не могут претендовать на безусловность, для их подтверждения должны быть проведены целенаправленные опыты на основных типах почв с учетом максимального количества как внешних почвообразующих, так и внутренних почвенных факторов с оценкой вклада каждого из них в отдельности. Однако проведенные исследования показывают важность микробобиохимического фактора и обязательность определения его составляющих в данном эксперименте. Отметим, что внимания заслуживает и выбор в будущем способа статистического и математического обоснования полученных зависимостей.

В исследования второго этапа в модели ПЭОКМ входит также решение задач оптимизации почвенных режимов в условиях мелиоративного воздействия посредством принятия инженерных решений. Часть данных задач уже решена [Циприс, Беленький, 1979; Галямин, 1981; Брусиловский, 1981; Акапян, 1984; Закржевкий, 1986], часть находится на подходе к решению [Пачепский, 1976 и др.]. В целом окончательная реализация почвенно-генетического подхода в модели потребует совместных усилий почвоведов, математиков, биологов, мелиораторов.

Третий этап в данной модели является эколого-экономическим. Термин "экологический" равнозначен ландшафтно-геохимическому подходу оценки проектного варианта. На данном этапе мелиоративная система в проекте оценивается с позиций воздействия на агроэкосистему.

Цель природоохранных мероприятий, определяемых в проектах, в настоящее время связана с облагораживанием ландшафта, улучшением быта и отдыха населения и с созданием проекта землеустройства территории, в котором рассматриваются целесообразные варианты размещения полей, дорог, хозяйственных строений. Можно только согласиться с Б.С.Масловым и И.В.Минаевым (1985), которые отмечают, что в настоящее время мелиоративные системы с природоохранными мероприятиями - компромисс между природой и человеком.

Как отмечалось выше, воздействие гидротехнической мелиорации относится к наиболее быстрым и сильным. Наложенное на случайное распределение природных факторов, оно порождает новый процесс. Агробиоценоз - сложная открытая система, которая, согласно Ю.Одум (1986), обладает высокой чувствительностью к воздействиям. Надо полагать, что для предсказания восстановления агроэкосистемы и управления ею, необходимо в деталях знать структуру аргобиоценоза и ее восстановительный потенциал (или экологический резерв, по Ю.Л.Израэлю (1976)). Иначе сохранить или восстановить данную систему будет невозможно.

Поэтому в состав блока предлагаемой модели "Экология среды" входит оценка воздействия на водно-воздушную среду, ландшафт, флору и фауну. Так, среди различных видов экономических оценок состояния природной среды используется оценка экологических издержек, представляющих собой совокупность народнохозяйственных затрат, возникающих в связи с допустимым уровнем экологических нарушений [Миланова, 1986]. Например, определение экологического ущерба от загрязнения водной и воздушной среды проводится по формуле:

$$Э = Зм + Уф,$$ где

Э - экономическая оценка;

Зм - затраты на осуществление природоохранных мероприятий;

Уф - фактический ущерб, причиняемый хозяйству и населению после проведения или в результате непроведения природоохранных мероприятий в стоимостном выражении.

В экономических оценках в настоящее время может быть учтена только часть изменений природных комплексов. Часть же экологических изменений может быть определена только словесными оценками типа "нежелательно". Безусловно, данное состояние дел с учетом экологического фактора уже не устраивает современную мелиорацию. Окончательный выбор системы мелиоративного воздействия должен найти экологическое обоснование, выраженное через действительное воздействие на окружающую среду, а не в виде состава сооружений в расчете на формальное описание раздела по охране окружающей природы в проекте мелиорации.

В проекте осушительного объекта мелиорации дренажем в пойме р.Кии, на котором нами проводились опыты, из природоохранных мероприятий было предусмотрено лишь облагораживание ландшафта. В процессе исследований был определен вынос химических элементов с дренажным стоком в водоприемник - р.Кию, который в сумме достигал 150-250 кг/га мелиорированных земель в год. А внутрипочвенный сток в подземные воды изменил их химический состав спустя 10 лет

после начала осушения, при этом уровень подземных вод понизился на 40 см. Других изменений экологии среды не отмечалось, что объясняется, вероятно, небольшой площадью данного участка осушения. Для выработки стратегии использования природных ресурсов и, следовательно, экологической оценки предполагаемых мероприятий необходимо знать прогноз изменения агроэкосистемы при ее мелиорации. Это возможно при экспериментальном и натурном изучении данных изменений с последующим оформлением результатов в виде динамической модели, которая в практике инженерного проектирования объекта мелиорации должна подвести к единому проектному решению, учитывающему экономический и экологический факторы (см.рис. 42). Это также еще подлежит изучению, особенно в условиях Сибири.

В блок экономической эффективности входят вариантные капитальные затраты, ежегодные затраты, связанные с эксплуатацией техники и системы, и отнесенные к дополнительному урожаю культур, ущерб от недобора урожая и число полевых сезонов, в которые возникают данные ущербы. Возможны и другие варианты экономических расчетов.

Вышеизложенное достаточно четко показывает - практика и потребности в применении мелиораций должны учитывать, что подача и отвод воды на полях - лишь один вид мелиорации, который должен обязательно сочетаться с комплексом многих других видов мелиоративных воздействий и культуртехнических работ. Однако проектирование способов и методов мелиорации должно идти на почвенно-генетической основе, базирующейся на знании свойств и режимов почв в исходном и мелиорированном состоянии. Поиск инженерных решений воздействия на почву с целью получения устойчивой продуктивности агроэкосистем сочетается с экологическими требованиями почв как составной части биосферы и ландшафтно-геохимическим состоянием, требующим понимания связей в агроэкосистеме в целом. Переход мелиоративного проектирования на позиции почвенно-генетического обоснования мелиорации резко повысит качество проектирования и сохранит почву как природный ресурс.

В заключение отметим, что целью изложения данного материала была демонстрация состояния отдельных задач, которые входят в модель ПГОКМ и возможности перспективы работ в данном направлении. Один автор, конечно, не может реализовать предложенную модель. Однако ее осуществление определило бы переход мелиорации на новый уровень. А необходимость определения коэффициентов в расчетных блоках модели изменила бы и подход к изысканиям, так как возникла бы потребность измерения новых параметров новыми приборами. Разработка алгоритмов подвела бы мелиоративное проектирование к системе автоматического проектирования (САПР), а почвенно-генетический подход - к обоснованию мелиоративного воздействия с позиций оптимизации режимов почвы как природного ресурса. Сохранение режимов почв и управление ими имело бы конечным результатом экологически обоснованные и устойчивые урожаи районированных сортов сельскохозяйственных культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предметом исследования явились орошаемые и осушаемые пойменные дерновые, дерново-глееватые и торфяные почвы в пределах южно-таежной подзоны Западной Сибири,которые имеют широкое распространение и являются первоочередными объектами мелиорации. В настоящее время уже нет сомнения в необходимости оросительных, осушительных и оросительно-осушительных систем не только в южно-таежной подзоне. Но и во всей таёжной зоне Западной Сибири. Однако урожаи сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях до сих пор оказываются много ниже, чем на немелиорируемых. Первая причина заключается в отсутсвие научных разработок по проектированию мелиоративных систем для исследуемого региона. Как правило, все проекты по Западной Сибири основываются на исходных параметрах по Белоруссии. Вторая причина характерна в целом для современной мелиорации, которая заключается в отношении к почве. Почва, как объект мелиорации практически не рассматривается. Однако почвы – это ресурс биосферы и в случае их разрушения заменить или импортировать их невозможно.

Развитие агроэкологических систем приобретает с каждым годом все большее значение как предмет экологического прогноза равития биосферы. Это отмечается многими учеными разных специальностей. Причина заключается, как отмечает Н.А.Кан (1986), в увеличении интенсивности воздействия на агроландшафт.

Г.В.Добровольским (1986) констатируется факт разного воздействия на почву при ее сельскохозяйственном использовании. Воздействие может быть сбалансированным формированием почв высокого уровня плодородия, а может быть разбалансированным с изъятием энергии, заключенной в почве, за чсет быстрой траты естественных питательных ресурсов, что приводит к потере почвенного плодородия.

Воздействие гидротехнической мелиорации можно отнести к наиболее сильным и быстродействующим, наложенное на случайное распределение природных факторов, оно порождает новый случайный процесс. Если принять во внимание, что агробиоценоз относится к сложным открытым системам, то согласно И.Пригожину и И.Стренберсу (1986) они обладают высокой чувствительностью к флуктуациям, и даже самые малые флуктуации могут усиливаться и изменять всю структуру таких систем. А так как системе принадлежит свойство необратимости, то мелиоративное воздействие должно обеспечить наиболее эффективную самоорганизацию агроценоза и последующий переход ее состояния на желаемый уровень.

Проведенные нами исследования на мелиорируемых пойменных почвах бассейна р. Оби показывают, что построенные мелиоративные системы не обеспечивают получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и являются причиной снижения потенциального плодородия почв. Это, в частности, подтверждается тем, что в осушаемых почвах происходит устойчивое снижение влажности к пределу разрыва капиллярной связи, создаются резко окислительные условия, активизируется микробиологическая активность, происходит существенное увеличение подвижных форм химических элементов и их вынос дренажным стоком за пределы почвенного профиля.

Многовариантные модельные опыты показывают, что экономическое равновесие в почвах, определяющее баланс веществ, наступает при сохранении почвенных режимов, близких к генетическим. На основании многолетних исследований на примере пойменных почв было показано, что задача комплексных мелиораций заключается в оптимизации режимов почв, что обеспечит сохранение плодородия почв и одновременно позволит получать устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, требования к условиям произрастания которых соответствуют режимам почв конкретной территории.

Мы не считаем предлагаемый подход окончательным и бесспорным, но убеждены, что в условиях общей экологической обеспеченности, когда к почве все более повышается интерес как к ресурсу биосферы, обладающему уникальным свойством плодородия, и

соответственно предъявляющему повышенные требования к мелиорации, необходим новый качественный уровень в развитии мелиоративного проектирования, который заключается в особом отношении к почве как непосредственному объекту мелиорации. Равновесие обмена веществв почве как неизменимой экологической среде живого вещества биосферы не должно быть нарушено. В связи с этим весьма важным является изучение режимов почв, которое требует стационарных исследований.Этот метод позволяет прогнозировать изменение свойств почв с помощью балансовых расчетов, физико-математического моделирования.

В результате развития стационарных исследований уже разработаны основы теории гидротермического и солевого режимов почв и их балансов. Наиболее раработана теория водного баланса. Естественный водный баланс (приходные и расходные элементы) составляется для 5, 10,… 95% обеспеченности водного режима. Водный баланс объекта составляется и после его мелиорации. Однако перспектива его применения метода водного баланса в мелиорации возможна при условии устройства пунктов наблюдений за его составляющими во всех зонах на основных типах почв и, что особенно важно, не только в условиях с естественным водным режимом, но и на мелиорируемых территориях. Необходимость проведения исследований в стационарных условиях относится ко всем режимам почв, особенно к микробобиохимическому, включающему изучение микробиологического и энзимологического состояния почв. На это ранее обратил внимание А.А.Роде (1971). Им было выражено, например, сожаление о том, что микробиологическое изучение почв заключалось в определении состава микрофлоры, а не в исследовании микробиологических процессов. Наши исследования также отчетливо показали значимость биологического фактора (особенно энзимологического) как индикатора экологического состояния почвы.

Необходимо также иметь в виду, что большая трудность в проведении стационарных исследований заключается в отсутствии приборов, позволяющих в течение длительного времени вести автоматизированные замеры показателей почвенных режимов с помощью постоянно заглубленных датчиков.

Особого внимания заслуживает то обстоятельство, что в решении многих вопросов исследования свойств и режимов почв неизбежно сохраняется гипотетичность и в результате – невозможность получения однозначного решения, как теоретического, так и практического. Отсюда естественно стремление избавиться от множественной обоснованности, которая может быть осуществлена на основе физико-математического моделирования с применением ЭВМ. Для этого требуется математическая модель функционирования всехжимов в агроэкосистеме, каждого в отдельности и во взаимозависимости, структура которой и была предложена в главе 4 данной работы. Однако разработка модели возможна на высоком уровне исследований и при наличии полной информации о свойствах и режимах почв в прошлом, настоящем и будущем. Иначе формализация, как известно, может быть ненужной или ошибочной. Рост масштабов мелиоративного строительства в недалеком будущем потребует достоверного прогноза, который послужит основой технических решений при мелиорации участков, массивов и регионов страны.

Следует привести высказывание В.А.Ковды (1989): «Осуществимы ли и нужны ли все эти соображения, похожие на мечты? Они обязательны, так как этого требует жизнь и процветание человека. Они осуществимы, потому что они подсказаны научными исследованиями и опытом практики. Но, конечно, нужны большие усилия, средства, творческие кадры и общее понимание проблемы».

Л И Т Е Р А Т У Р А

АБРАМОВА М.Д., ПАШНЕВА Г.Е. Почвы поймы Средней Оби и их мелиоративное состояние//Почвы поймы Средней Оби, их мелиоративное состояние и агрохимическая характеристика. - Томск, 1981. - С.43-110.

АВЕРЬЯНОВ С.Ф., ШАБАНОВ В.В. Общая схема исследований методов мелиорации среды обитания растений//Проблемы мелиорации Полесья.Ч 1. - Минск, 1971. - С.188-194.

АВЕРЬЯНОВ С.Ф., ШАБАНОВ В.В. Общая схема исследований методов мелиорации среды обитания растений//Гидротехника и мелиорация. - 1973. - N 12. - С.12-22.

АДАМЕНКО В.А. К вопросу об изменчивости коэффициента теплопроводности и потока тепла в почву//Тр. Глав. геофиз. обсерват. - 1972. - Вып. 288. - С.18-34.

АКОПЯН А.Л. Оценка оптимального режима орошения и управления процессами на поле с многолетними травами//Повышение эффективности мелиорированных земель. - Л., 1984. - С.69-74.

АЛЕКИН О.А. Основы гидрохимии: Учебное пособие. - Л., 1970. - 442 с.

АЛЕКСАНДРОВА С.Р. Микрофлора заболоченных лесов Томской области: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Иркутск, 1973. - 30 с.

АЛЕКСАШИН В.И., ЕГОРОВ С.С. Обработка пойменных почв и урожайность овощных культур//Вестник сельскохозяйственной науки. - 1974. - N 7. - С.31-37.

АЛЕКСЕЙЧИК И.А. Почва, плодородие, урожай // Актуальные вопросы почвоведения и агрохимии: Тезисы докладов II конференции молодых ученых. - Минск, 1973. - С.25-26.

АЛИЕВ С.А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почвы. - Баку, 1978. - 252 с.

АЛИЕВ С.А., ГАДЖИЕВ Д.А. Влияние гидротермического режима на биологическую активность почв Нахичеванской АССР//АН Аз.ССР. - 1972. - Т. 28. - N 11-12. - С.58-61.

АЛИЕВ С.А., ГУСЕЙНОВ М.М. Коррелятивная зависимость ферментативной активности от гидротермического режима и содержания органического вещества почв // Почвоведение. - 1980. - N 12. - С.67-71.

АНДРЕЕВ Н.Г. Продуктивность культурных пастбищ при оптимальном режиме орошения и удобрения//Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. - М., 1983. - С.56-60.

АСТАПОВ С. В. Мелиоративное почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1958, 366 с.

АФАНАСИК Г.И., ЖУКОВ Л.Ф. Послойно-балансовая схема расчета водного режима почв для целей его оптимального управления//Вопросы эксплуатации осушительно-увлажнительных систем - Минск, 1983. - С.45-54.

АФАНАСИК Г.И., САМКЕВИЧ Л.И. Методика расчета разделения осадков на инфильтративный и поверхностный сток//Осушительные и осушительно-увлажнительные системы. - Минск, 1986. - С.16-22.

АФАНАСЬЕВА Т.В., ГРУЗДКОВА Р.А. Влияние паводкового режима р.Оби на формирование почвенного покрова поймы//Мелиорация, использование и охрана почв Нечерноземной зоны. - М., 1988. - С.107-108.

АФОНИН В.А. Режим, использование и охрана подземных вод на юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой зоны (Томская область): Автореф. ...дис. канд. геол.-мин. наук. - Томск, 1974. - 16 с.

БАЗИЛЕВИЧ Н.И. Некоторые принципы системного подхода в приложении к мелиоративным объектам и построение функциональных моделей экосистемы и почвы//Орошаемые почвы и методы их изучения. - Ташкент, 1976. - С.72-84.

БАМБАЛОВ Н.И. Некоторые выводы, вытекающие из опыта многолетнего использования торфяников в качестве почв в ПНР и ГДР//Эволюция торфяных почв под влиянием

осушительных мелиораций и ее последствия: Тез. докл. Всесоюзной конференции. - Минск, 1983. - С.53-56.
БЕЛКОВСКИЙ В.И., БРЕЗГУНОВ С.В., КУЛЕШ С.В., ДРОГОТ Г.С. Важнейшие итоги исследований проблемы рационального использования торфов//Мелиорация переувлажненных земель. - Минск, 1979. - С.131-139.
БИРЮКОВА В.А. Роль органического вещества в развитии процессов в почве: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - М., 1975. - 15 с.
БИШОФ Э.А. Особенности осушения болот Барабинской низменности: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. - Л., 1968. - 22 с.
БИШОФ Э.А. Промерзание и оттаивание низинных болот Барабы и влияние мерзлоты на сохранность и работоспособность осушительной сети//Труды СевНИИГиМ. - 1969. - Вып. XXIX. - С.44-85.
БОБРИЦКАЯ М.А. Вымывание питательных элементов из пахотных почв Нечерноземной зоны РСФСР//Плодородие почв Нечерноземной полосы и приемы его регулирования. - Пущино, 1975. - С.29-31.
БОГДАНОВ Н.И., РЕЙНГАРД Я.Н., КОРОВИЦКАЯ Е.Н. Потециальная способность черноземных почв к развитию ОВ-процессов//Труды ОСХИ. - 1971. - Т. 98. - С.81-88.
БОНДАРЕВ А.Г., БАХТИН П.У., ВОРОНИН А.Д. Физические и физико-технологические основы плодородия почв//100 лет генетического почвоведения. - М., 1986. - С.178-184.
БОНДАРЕНКО Н.Ф., ЖУКОВСКИЙ Е.Е., МУШКИН И.Г. И ДР. Моделирование продуктивности агроэкосистем. - Л., 1982. - 262 с.
БОЯРИНОВ А.И., КАФАРОВ В.В. Методы оптимизации в химической технологии. - М., 1975. - 575 с.
БРОНЗОВ А.Я. Гипновые болота на южной окраине Западно-Сибирской равнинной тайги//Почвоведение. - 1936. - N 2. - С.224-245.
БРУСИЛОВСКИЙ Ш.И. Результаты исследований способов осушения тяжелых почв в условиях Белорусской ССР//Осушение тяжелых почв. - М., 1981. - С.30-41.
БУЙЛОВ В.В., ЛИЧКО Р.П. Активность ферментов почв щелочного ряда//Химия и биология почв: Тезисы докладов Y делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов. - Минск, 1977. - Вып. 2. - С.221.
БУЛАВКО А.Г. Водный баланс речных водосборов. - Л., 1971. - 304 с.
БУЛАВКО А.Г., МАСЛОВ Б.С. Водорегулирующее значение болот и последствия их осушения//Гидротехника и мелиорация. - 1982. - N 8. - С.53-56.
БУРЛАКОВА Л.М. Основные показатели плодородия серых лесных и черноземно-луговых почв южной части Томской области в условиях сельскохозяйственного производства: Автореф. ...дис. канд. биол. наук. - Томск, 1960. - 16 с.
БУРМАТОВА И.М. Торфяники на службе сельского хозяйства. - Л., 1984. - 118 с.
БУТОРИНА М.А. Динамика минеральных форм азота в низинных перегнойных торфяных почвах под многолетними травами//Почвы Карелии и пути повышения их плодородия. - Петрозаводск, 1971. - С.189-203.
БУТОРИНА М.А. Влияние температуры, влажности и азотных удобрений на динамику минерального азота и кислотность мелиорируемых торфяных почв Карелии//Пути изучения и освоения Северо-Запада Европейской части СССР. - Л., 1974. - С.148-156.
БУХМАН В.А. К вопросу превращения форм азота в торфяно-болотных почвах Карелии//Изв. Карельск. и Кольск. Филиалов АН СССР. - 1958. - N 4. - С.123-130.
ВАВУЛО Ф.П. Закономерности распространения микроорганизмов в торфяно-болотных почвах БССР: Вопросы почвенной микробиологии//Труды Ин-та микробиологии АН Лит.ССР. - Рига, 1958. - Вып. 1. - С.13-18.
ВАДЮНИНА А.Ф., КОРЧАГИНА З.А. Методы исследования физических свойств почвы. - М., 1986. - 416 с.

ВАСИЛЬЕВ И.С. Опыт изучения поверхностного и внутрипочвенного стока в лесной подзолистой почве//Почвоведение. - 1948. - N 5. - С.312-324.

ВАШКЕВИЧ Л.Ф., ГЛАЗКОВА Л.Н., ЛЯХОВИЧ С.Р. Содержание форм калия и подвижность фосфора в мелиорируемых почвах стационарных участков Брестского Полесья//Вестник БГУ. - 1981. - Сер. П. - N 1. - С.72-75.

ВЕЕН А.Я. ВАН, ФРИССЕЛ М.ДЖ. Моделирование поведения азота в почве//Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур. - Л., 1986. - С.239-252.

ВЕРНАДСКИЙ В.И. История природных вод//Избранные сочинения. - М., 1960. - Т.4, кн. II. - 360 с.

ВОЗНЮК С.Т. Торфяные почвы Полесья и лесостепи УССР: Автореф. ... дис. докт. с.-х. наук. - Харьков, 1969. - 38 с.

ВОЗНЮК С.Т., КЛИМЕНКО Н.А. Окислительно-восстановительный режим осушаемых торфяных почв Полесья УССР//Почвоведение. - 1982. - N 3. - С.127-133.

ВОЗНЮК С.Т., ОЛИНЕВИЧ В.А., КАРДАШОВ А.Т. Особенности температурного режима мелиорируемых земель Западного Полесья УССР//Почвоведение. - 1977. - N 5. - С.84-89.

ВОИНОВА В.Н. Окислительно-восстановительные ферменты в серой лесной почве и влияние на их активность внесения органического вещества и условий увлажнения: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. -М., 1980. - 15 с.

ВОИНОВА В.Н., ТАРАРИНА Л.Ф., ЕМЦЕВ В.Т. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в серой лесной почве при разложении растительных остатков в режиме затопления/высушивания//Изв. ТСХА. - 1979. - Вып. 5. - С.87-93.

ВОИНОВА В.Н., ТАРАРИНА Л.Ф., ЕМЦЕВ В.Т. Ферментативная активность полифенолоксидазы и пероксидазы в серой лесной почве при разложении растительных остатков в режиме капиллярного насыщения//Изв. ТСХА. - 1980. - Вып. 1. - С.105-112.

ВОЛОБУЕВ В.Р. Введение в энергетику почвообразования. - М., 1974. - 128 с.

ВОЛОБУЕВ В.Р. Мелиорация - важный путь эффективного использования земель//Почвоведение. - 1985. - N 3. - С.5-8.

ВОРОБЬЕВ Н.И.Технико-экономическое обоснование и очередность мелиоративных работ//Материалы научно-производственной конференции по проблеме "Освоение поймы Томского приобья". - Томск, 1971. - С.55-60.

ВОРОНИНА Л.В., ДЗЮБА Г.М., ПОЗДНЯКОВА Г.М., СЛЯДНЕВ А.П. Климат почв Новосибирской области//Почвенная климатология Сибири. - Новосибирск, 1973. - С.83-93.

ВЫЛЦАН Н.Ф. Луга Томской области: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Томск, 1969. - 16 с.

ВЫЛЦАН Н.Ф., ЛИХАНОВА Г.И. Результаты почвенно-геоботанической съемки поймы р.Оби в Томской области//Сборник статей по вопросам мелиорации земель Западной Сибири. - Тюмень, 1972. - С.13-23.

ГАДЖИЕВ И.М. Почвы пойм Оби и Иртыша//Пути повышения продуктивности Обь-Иртышской поймы. - Новосибирск, 1976.-С. 91-114.

ГАЛСТЯН А.Ш. Ферментативная активность почв Армении//Труды НИИ почвоведения и гарохимии МСХ Арм.ССР. - Ереван, 1974. - Вып. 8. - С.27.

ГАЛЯМИН Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. - Л., 1981. - 271 с.

ГАЛЯМИН Е.П., СОКОЛОВ А.Л., СТРЕЛЬЦОВА О.В. Постановка и исследование задачи управления процессом формирования урожая с использованием модели влагопереноса//Экономика водного хозяйства и математические методы в гидрологии и мелиорации. -М., 1983. - С.9-14.

ГАНТИМУРОВ И.И. Окислительно-восстановительный потенциал торфянистых и торфяно-болотных почв Центральной Барабы//Бюлл. опытн. и научных работ УОМС. - 1958. - N 4. - С.41-57.

ГАНТИМУРОВ И.И. Исследования по вопросам общего и прикладного почвоведения. - Новосибирск, 1969. - 304 с.

ГАНТИМУРОВА Н.И. Микрофлора торфяно-болотных почв//Микрофлора почв Западной Сибири. - Новосибирск, 1970. - С.98-114.

ГАРКУША И.Ф. Окультуривание почв как современный этап почвоведения. - Горки, 1956. - 201 с.

ГАРКУША И.Ф. Эволюция торфяно-болотных почв под влиянием окультуривания//Докл. АН БССР. - 1965. - Т. IX. - N 12. - С.842-845.

ГЕРАСИМОВ И.П., ИСАКОВ Ю.А., ПАНФИЛОВ В.Д. Внутренний оборот веществ в главных типах природных экосистем на территории СССР//Всесторонний анализ окружающей природной среды: Труды II советско-американского симпозиума. - Л., 1976. - С.20-28.

ГЕРАСИМОВА А.С., КОЛОМЕНСКАЯ В.М., СЕРГЕЕВ А.И. Инженерно-геологическая характеристика современных геологических процессов Томского приобья//Природные условия Западной Сибири. - М., 1972. - С.81-89.

ГЕРАСЬКО Л.И., ЛЬВОВ Ю.А. Мелиоративное районирование Томской области в пределах южной тайги//Вопросы биологии. - Томск, 1980. - С.84-87.

ГИНЗБУРГ К.Е. Значение полуторaокисей и гуматов в поглощении фосфора почвами//Труды Почв. ин-та им. В.В.Докучаева. - 1960. - Т. LY. - С.239-271.

ГЛАЗОВСКАЯ М.А. Почвы мира: Основные семейства и типы почв. - М., 1972. - 124 с.

ГЛЕБОВ Ф.З., АЛЕКСАНДРОВА С.Р. Фитоценотическая характеристика, гидрохимический режим и почвенная микрофлора некоторых типов болотных лесов Томского стационара в связи с микрорельефом//Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. - Новосибирск, 1973. - С.44-94.

ГОДЛИН М.М., ОЛИНЕВИЧ В.А. Динамика подвижных форм азота, фосфора и калия в торфяных почвах разных сроков освоения//Агрохимия. - 1966. - N 2. - С.23-27.

ГОЛУБ Т.Ф. Биохимические процессы в целинных и освоенных торфяно-болотных почвах//Почвоведение. - 1964. - N 7. - С.45-54.

ГОРДЕЕВА Е.А. Режим фосфатов, нитратного и аммиачного азота в торфяно-болотных почвах Центральной Барабы при их сельскохозяйственном использовании//Труды СевНИИГиМ. - 1969. - Вып. XXIX. - С.159-176.

ГОРДЕЦКАЯ С.П., КОХАН Е.Г., ПИЛИПЧУК Е.Г. Влияние медленно действующих и водорастворимых удобрений на превращение азота в почве и его потери от вымывания//Агрохимия. - 1983. - N 8. - С.37-45.

ГОРШКОВА Е.И. Изменение органического вещества сухо-степных и степных почв под влиянием культуры риса: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - М., 1972. - 17 с

ГРЕЧИН И.П. Свободный кислород и его роль в почвенных процессах лесо-луговой (таежно-степной) зоны Европейской части СССР:Автореф. ...дис. докт. с.-х. наук. - М., 1965. - 56 с.

ГРЕЧИН И.П., КУРЛЫКОВА М.В. Изменение свойств в дерново-подзолитсой почве в зависимости от содержания в ней кислорода и углекислоты//Изв. ТСХА. - 1962. - Вып. 4(47). - С.111-116.

ДАЛЬКОВ М.П., БЕЗГУБЕНКО К.П. Влияние глубины промерзания почвогрунтов на действие дренажа//Осушение и осушительно-увлажнительные системы. - Красноярск, 1979. - С.82-88.

ДЕДКОВ В.С. Факты, определяющие ОВ-режим почв Приобской лесотундры//Структура и функционирование биогеоценозов Приобского Севера. - Свердловск, 1981. - С.54-65.

ДИМО В.Н. Зонально-провинциальные особенности температуры почв СССР и классификация температурного режима//Тепловой и водный режим почв СССР. - М., 1968. - с.84-95.
ДИМО В.Н. Тепловой режим почв СССР. - М., 1972. - 359 с.
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. - М., 1968. - 296 с.
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Г.В. Научные и практические проблемы почв в свете новых задач мелиорации, охраны и устойчивого повышения плодородия почв//Вестник МГУ. - Серия почвоведение. - 1986. - N 9. - С.3-10.
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Г.В. XIII конгресс международного общества почвоведов//Вестник АН СССР. - 1987. - N 8. - С.105-108.
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Г.В., АФАНАСЬЕВА Т.В., РЕМИЗОВА Г.Л. Почвы, луга и типы поймы реки Оби//Материалы конференции по проблеме "Освоение поймы Томского Приобья". - Томск, 1971. - С.133-134.
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Г.В., ГРИШИНА Л.А. Почва как объект мониторинга//Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы: Труды III Международного симпозиума. Т. 1. - С.79.
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Г.В., НИКИТИН Е.Д. Экологические функции почвы. - М., 1986. - 136 с.
ДОКУЧАЕВ Н.С. ОВП почв польдеров Калининградской области//Труды СевНИИГиМ. - 1969. - Вып. XXYII. - С.178-192.
ДОКУЧАЕВ Н.С. Изменение основных типов почв польдеров в дельте реки Неман при гидромелиорации//Почвоведение. - 1983. - N 8. - С.24-33.
ДОЛГОВ С.И., БАХТИН П.У. Методы изучения водных свойств и водного режима почвы//Агрофизические методы исследования почв. - М., 1966. - С.84-94.
ДОНСКИХ И.Н., ИВАНОВА А.И. Микробиологическая характеристика торфяных и низинных освоенных почв южной части северо-западной зоны РСФСР//Науч. тр. Ленингр. с.-х. ин-та. - 1973. - N 343. - С.49-56.
ДОНСКИХ И.Н. Почвенные режимы в освоенных низинных торфяных почвах Северо-Запада РСФСР: Автореф. ... дис. докт. с.-х. наук. - Ленинград-Пушкин, 1982. - 51 с.
ДРУЗИНА В.Д., КИРИЛЛОВА В.П., МАКАРЕВИЧ В.Н., ТИТОВ Ю.В. Реакция суходольного луга на минеральные удобрения. - Л., 1987. - 160 с.
ДУДЧЕНКО В.Г., УЛЯШОВА Р.М., СЛЮСАРЬ И.Т. Влияние водно-воздушного режима на микробиологические процессы органогенной почвы//Биодинамика почв: Материалы II симпозиума. - Таллинн, 1979. - С.67-68.
ДЫРИН В.А. О биологической активности низинных торфяников Томской области: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Алма-Ата, 1978. - 23 с.
ЕГОРОВА Р.А. Оценка интенсивности процессов превращения растительных остатков в торфяной почве по данным микробиологического и химического анализа//Биологическая диагностика почв. - М., 1976. - С.85-86.
ЕЛИШЕВИЧ Н.В. Мелиорация и продуктивность пойменных лугов. - Минск, 1986. - 214с.
ЕЛИСЕЕВА В.М. О путях сельскохозяйственного освоения низинных болот таежной зоны Томской области. - Томск, 1963. - 97 с.
ЕЛИСЕЕВА В.М., ЛЬВОВ Ю.А. Болота Томской области и пути их сельскохозяйственного освоения//Сиб. вестник с.-х. науки. - 1971 - N 3. - С.39-42.
ЕРМАШОВА Н.А. Гидрогеохимические особенности и условия формирования пресных подземных вод Обь-Чулымского междуречья//Вопросы географии Сибири. - 1979. - Вып. 12. - С.95-110.
ЕРМАШОВА Н.А., ИНИШЕВА Л.И. Поступление солей с атмосферными осадками (на примере Томской области)//География и природные ресурсы. - 1984. - N 3. - С.82-85.
ЕФИМОВ В.Н., ДОНСКИХ И.Н. Степень подвижности азота, фосфора и калия в торфяных почвах//Агрохимия. - 1969. - N 3. - С.44-52.
ЕФИМОВ В.Н. Торфяные почвы. - М., 1980. - 120 с.

ЕФИМОВ В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. - Л., 1986. - 264 с.
ЕФИМОВ В.Н., ОСИПОВ А.Н. Применение азотных удобрений на торфяных почвах Северо-Запада РСФСР (с использованием стабильного изотопа 15N)//Науч. тр. ЛСХИ. - 1978. - Т. 343. - С.3-9.
ЕФИМОВ В.Н., СМИРНОВА Л.Н. Азотный режим освоенных торфяных почв Вологодской области. - Минск, 1978. - 58 с.
ЕФРЕМОВ В.В., ДУРМАНОВ Л.Н., ЕЛЬНИКОВ И.И., КОРОЛЕВА И.Е. Проблемы и методы комплексной диагностики плодородия почв//Успехи почвоведения. - М., 1986. - С.80-84.
ЕФРЕМОВ С.П. Естественное залесение осушенных болот лесной зоны Западной Сибири. - М., 1972. - 156 с.
ЕФРЕМОВ С.П. Экологические предпосылки лесохозяйственного освоения болот южно-таежной подзоны Западной Сибири//Перспективы развития осушительной мелиорации в Западной Сибири: Тезисы докл. научно-практ. конф. - Тюмень, 1980. - С.60-62.
ЕФРЕМОВА Т.Т. Формирование почв при естественном облесении осушенных болот. - Новосибирск, 1975. - 175 с.
ЕФРЕМОВА Т.Т. Биохимические и ОВ-процессы на осушаемых болотах Красноярского края//Почвоведение. - 1977. - N 9. - С.103-114.
ЕФРЕМОВА Т.Т. Регрессивный анализ окислительно-восстановительного и гидротермического режимов осушаемой торфяно-болотной почвы//Почвоведение. - 1978 а. - N 10. - С.109-117.
ЕФРЕМОВА Т.Т. Окислительно-восстановительный потенциал осушаемых почв в связи с гидрологическим режимом//Тезисы Республиканской конференции по проблемам минерализита эрозии торфа. - Минск, 1978 б. - С.60-61.
ЖДАННИКОВА Е.Н. Микробиологическая характеристика торфяно-болотных почв Томской области//Заболоченные леса и болота Сибири. - М., 1963. - С.170-182.
ЖУКОВСКИЙ Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. - Л., 1981. - 312 с.
ЗАГУРАЛЬСКАЯ Л.М. Определение биологической активности торфяно-болотных почв Томской области//Микроорганизмы в борьбе с вредителями лесного хозяйства. - М., 1966. - С.41-48.
ЗАГУРАЛЬСКАЯ Л.М. Влияние мелиорации на жизнедеятельность микроорганизмов//Изменение биологической активности торфяных почв под воздействием мелиорации. - Л., 1982 а. - С.15-58.
ЗАГУРАЛЬСКАЯ Л.М. Роль микроорганизмов в процессах трансформации органического вещества в торфяных почвах//Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. - Алма-Ата, 1982 б. - С.80-81.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р. О глубоком осушении торфяников//Гидротехника и мелиорация. - 1960. - N 11. - С.25-31.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р. Особенности режима и мелиорации заболоченных почв. - М., 1969. - 264 с.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. - М., 1975. - 318 с.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР: Справочная книга. - М., 1982. - 167 с.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. - Л., 1985. – 327с.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р., ОГЛЕЗНЕВ А.К. Исследование процессов глееобразования в пойменных почвах Нечерноземной зоны//Почвоведение. - 1963. - N 1. - С.44-52.
ЗАЙДЕЛЬМАН Ф.Р., СКРЫННИКОВА И.Н. Теоретические основы мелиорации и плодородия осушаемых почв//100 лет интенсивного почвоведения. - М., 1986. - С.145-152.

ЗАКРЖЕВСКИЙ П.И. Модель урожая и динамики факторов внешней среды//Труды БелНИИМиВк. - 1977. - Т. XXY. Мелиорация переувлажненных земель. - С.95-105.
ЗАКРЖЕВСКИЙ П.И. Расчет расстояний между дренами по гидрологическому режиму в паводки//Докл. ВАСХНИЛ. - 1985. - N 2. - С.42-44.
ЗАКРЖЕВСКИЙ П.И. Расчет режима УГВ и дренажного стока на осушаемой территории//Осушительные и осушительно-увлажнительные системы. - Минск, 1986. - С.22-30.
ЗАУГОЛЬНИКОВА Л.Б. Понятие оптимумов у растений//Журнал общей биологии. - 1985. - Т. XLYI. - N 4. - С.444-452.
ЗВЯГИНЦЕВ Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей//Почвоведение. - 1978. - N 6. - С.48-54.
ЗЕЛЕНЕВ В.В., РОЗАНОВ Б.Г. Использование балансового метода при моделировании цикла азота в агроцентре//Биологические науки. - 1984. - N 6. - С.88.
ЗЕМЦОВ А.А. Оползни таежной зоны Западной Сибири//Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири. - Новосибирск, 1970. - Т. III.
ЗЕМЦОВ А.А. Основные этапы развития речных долин Западно-Сибирской равнины//История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. - Новосибирск, 1979. - С.82-85.
ЗЕМЦОВ А.А., БУРАКОВ Д.А. Современные геоморфологические процессы в центральной части Западно-Сибирской равнины//Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири. - Новосибирск, 1970. - Т. III.
ЗИМЕНКО Т.Г. Микрофлора торфяных почв//Микрофлора северной и средней части СССР. - М., 1966. - С.136-165.
ЗИМЕНКО Т.Г. Микробиологические процессы в мелиоративных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. - Минск, 1977. - 206 с.
ЗИМЕНКО Т.Г., МИСНИК А.Г. Влияние уровня грунтовых вод на процессы аммонификации и нитрификации в торфяно-болотных почвах//Микробиология. - 1970. - Т. XXXIX. - Вып. 3. - С.522-526.
ЗИМЕНКО Т.Г., САМСОНОВА А.С., МИСНИК А.Г. И ДР. Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование. - Минск, 1983. - 179 с.
ЗУБКОВА Т.А., КАРПАЧЕВСКИЙ Л.О. Каталитическая активность почвы//Почвоведение. - 1979. - N 6. - С.115-122.
ЗУХУРОВ А.Н. Химические, физические свойства и окислительно-восстановительный потенциал гидроморфных почв сероземного пояса: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - Ташкент, 1964. - 18 с.
ЗЫРИН Н.Г., ГРИНДЕЛЬ М.Н. Сезонная динамика окислительно-восстановительного потенциала и кислотрастворимого железа в дерново-подзолистых почвах//Научн. докл. высшей школы/Биол. науки. - 1963. - N 2. - С.175-181.
ИВАНОВ А.Ф., ФИЛИН В.И., ГОРБАЧЕВ А.А. Оптимизация минерального питания под покровной люцерной при программированном выращивании урожаев на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья//Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. - Казань, 1984. - С.147-151.
ИВАНОВ И.В. К вопросу о влиянии залесенности бассейна реки на высоту весеннего половодья рек//Метеорология и гидрология. - 1950. - N 1. - С.41-47.
ИВАНОВ Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара//Записки географ. об-ва/Новая серия. - 1948. - Т. 1. - С.13-23.
ИВАНОВА Р.Г., СЛАВНИНА Т.П. Фракциональный состав и динамика азота в пойменных почвах//Почвы поймы Средней Оби, их мелиоративное состояние и агрохимическая характеристика. - Томск, 1981. - С.123-154.
ИДЗОН П.Ф. Предварительные результаты наблюдений за процессом инфильтрации талых вод в почву//Труды ЦИП. - 1951. - Вып. 23. - с.24-36

ИЗРАЭЛЬ Ю.А. Допустимая антропогенная нагрузка на окружающую природную среду//Всесторонний анализ окружающей среды. - Л., 1976. - С.12-19.
ИЛЬИНА Т.К. Ферментные системы микроорганизмов, участвующие в восстановлении нитратов//Агрохимия. - 1973. - N 5. - С.136-152.
ИНИШЕВА Л.И. Определение выноса химических элементов дренажными водами//Научные основы мелиорации земель при создании территориально-производственных комплексов в Сибири. - Красноярск, 1980. - С.490-491.
ИНИШЕВА Л.И. Особенности азотного режима мелиорируемых пойменных дерново-глееватых почв//География, плодородие, бонитировка почв Западной Сибири. - Новосибирск, 1984. - С.118-129.
ИНИШЕВА Л.И. Оптимизация азотного режима на мелиорируемых почвах//Ответит земля урожаем. - Новосибирск, 1985. - С.33-34.
ИНИШЕВА Л.И., ВАСИЛЬЕВА А.Н. Химический и микробиологический состав дренажных вод в осушаемых почвах//Водные ресурсы. - 1982. - N 1. - С.147-153.
ИНИШЕВА Л.И., ВАСИЛЬЕВА А.Н., СТОЛЯРОВА С.Н. Влияние окислительно-восстановительных условий на микробиологические процессы в пойменных почвах//Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 1985. - N 2. - С.13-19.
ИНИШЕВА Л.И., ИНИШЕВ Н.Г., ЗЕЛИНГЕР Ф.Ф., ЮХЛИН В.И. Определение температуры почв и торфов терморезисторами ММТ-4: Информационный листок. - Томск, 1975. - N 36-75. - 2 с.
ИНИШЕВА Л.И., МАХЛАЕВ В.К. Водный режим польдерных систем//Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. - М., 1985. - С.23-32.
ИНИШЕВА Л.И., МАХЛАЕВ В.К., СТАРИКОВА В.Г. Особенности температурного режима осушаемых пойменных почв Томской области//Осушение и осушительные системы: Экспресс-информация. - 1983. - Сер. 2. - Вып. 6. - С.1-5.
ИНИШЕВА Л.И., СТАРИКОВА В.Г. Температурные условия осушаемых пойменных почв//Климат почв. - Пущино, 1984. - С.24.
ИНИШЕВА Л.И., СТАРИКОВА В.Г., МАХЛАЕВ В.К. Осушение пойменных торфяных почв Томской области. - М., Деп. в ВИНИТИ., 02.89, N 636 - 320 с.
ИНИШЕВА Л.И., СТАРИКОВА В.Г., ВАСИЛЬЕВА А.Н. Оптимизация почвенных процессов в мелиорируемых пойменных почвах//Почвы речных долин и дельт, их рациональное использование и охрана. - М., 1984. - С.34-36.
ИНИШЕВА Л.И., ТАНЗЫБАЕВ М.Г., ЮХЛИН В.И. Пойменные почвы южной зоны Томской области как объект мелиорации//Вопросы мелиорации Томского приобья. - Томск, 1974. - С.8-19.
ИНИШЕВА Л.И., ТАНЗЫБАЕВ М.Г. Водный режим пойменных почв долины р.Томи//Вопросы почвоведения Сибири. - Томск, 1976. - С.37-46.
ИНИШЕВА Л.И., ЮХЛИН В.И. Водный режим пойменных почв р.Томи в вегетационные периоды различной обеспеченности осадками и при орошении//Вопросы географии Сибири. - Томск, 1979. - С.87-94.
ИНИШЕВА Л.И., ЮХЛИН В.И., ЗЕЛИНГЕР Ф.Ф. Определение ОВП почв прибором ЭСК-1. - Томск, 1975. - N 35-75. - 2 с.
КАДЖЮЛИС Л.Ю., БАРБАЛИС П.Д., БАЛИШНЯ А.Э. И ДР. Оптимизация свойств почв сенокосно-пастбищных угодий//Оптимальные параметры плодородия почв. - М., 1984. - С.210-227.
КАЗАНЦЕВ В.А. Атмосферные осадки как возможный фактор соленакопления//Прогрессивные направления проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем в условиях Сибири. - Красноярск, 1978. - С.200-202.
КАЗАНЦЕВ В.А. Динамика поступления и переноса растворенных веществ в лесостепной зоне Западной Сибири (на примере Каргат-Чулымского

междуречья)//Особенности мелиорации Западной Сибири. - Новосибирск, 1979 а. - С.134-141.
КАЗАНЦЕВ В.А. О зональности минерализации и химического состава атмосферных осадков в Западной Сибири и некоторые вопросы селепереноса//Особенности мелиорации земель Западной Сибири. - Новосибирск, 1979 б. - С.113-116.
КАЗАРИНОВ В.П., КАСЬЯНОВ М.В., МИРОНОВ Ю.К. И ДР. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности//Региональные и структурные проблемы геологии нефти. - М., 1960. - С.131-137.
КАЙГОРОДОВ А.Н. О работе гончарного дренажа на пойменных минеральных почвах Тюменской области//Тез. докл. конф. Проблемы закрытого дренажа в Сибири и на Дальнем Востоке. - Тюмень, 1981. - С.7-9.
КАЛМЫКОВ Г.С., МОРИНА Л.Е. Эффективность азотных удобрений и изменение содержания различных форм азота в мелиорируемых торфяно-болотных почвах Западно-Сибирской зоны РСФСР//Агрохимия. - 1975. - N 4. - С.11-17.
КАН Н.А. Имитационные модели в прогнозировании развития агроэкологических систем//Экологический прогноз. - М., 1986. - С.26-47.
КАНЦИБЕР Ю.А., САМОФАЛОВ Д.П., КЛИМКО А.И. Водно-балансовая методика расчета гидрологических характеристик режима осушения сельскохозяйственных угодий//Сб. науч. тр. СевНИИГиМ, 1979/Водооборотные системы в мелиорации и пути повышения их действия. - С.72-84.
КАУРИЧЕВ И.С. Особенности генезиса почв временного избыточного увлажнения: Автореф. ... дис. докт. с.-х. наук. - М., 1965. - 54с.
КАУРИЧЕВ И.С. Типы окислительно-восстановительного режима почв//Почвоведение. - 1979. - N 3. - С.35-45.
КАУРИЧЕВ И.С., ГАРИФУЛИН Ф.Ш., ГАББАСОВА И.М. Влияние осушения на окислительно-восстановительные условия и содержание подвижных форм железа в пойменных торфяных почвах//Тезисы Республиканской конференции по проблемам минерализации и эрозии торфа. - Минск, 1978. - С.38.
КАУРИЧЕВ И.С., ЛАТФУЛИНА Г.Г., САВИЧ В.И. Изменения окислительно-восстановительной буферности почв по данным сезонной динамики//Доклады ТСХА. - 1975. - Вып. 208. - С.31-42.
КАУРИЧЕВ И.С., МАЛИЙ Н.Н. Характеристика окислительно-восстановительных процессов в мерзлотно-таежных и полуболотных почвах//Почвоведение. - 1973. - N 7. - С.19-28.
КАУРИЧЕВ И.С., НОЗДРУНОВА Е.М. Учет миграции некоторых соединений в почве с помощью хроматографических колонок//Почвоведение. - 1960. - N 12. - С.57-61
КАУРИЧЕВ И.С., СИДОРЕНКО О.Д., САВИЧ В.И. Окислительно-восстановительное состояние лугово-черноземных почв под рисом//Доклады ТСХА. - 1981. - N 4. - С.60-68.
КАУРИЧЕВ И.С., ОРЛОВ Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. - М., 1982. - 247 с.
КАУРИЧЕВ И.С., ТАРАРИНА Л.Ф., БИРЮКОВА В.А. Влияние органического материала на окислительно-восстановительные процессы в почве при капиллярном насыщении//Почвоведение. - 1975. - N 8. - С.12-23.
КАУРИЧЕВ И.С., ТАРАРИНА Л.Ф., БИРЮКОВА В.А. Влияние органического материала на развитие редокс-процессов в почве в стерильных условиях при анаэробиозе//Известия ТСХА. - 1977. - Вып. 3. - С.18-34.
КАУРИЧЕВ И.С., ТАРАРИН С.В., ТАРАРИНА Л.Ф. Сезонная динамика окислительно-восстановительного потенциала серых лесных почв//Вопросы биологии. - Тула, 1969. - С.108-118.

КАХАТКИНА М.И. Особенности гумусообразования серых лесных почв//Почвы пойм Средней Оби, их мелиоративное состояние и агрохимическая характеристика. - Томск, 1981. - С.111-122.
КАЧИНСКИЙ Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. - М., 1958. - 213 с.
КЛЕВЕНСКАЯ И.Л., НАПЛЕКОВА Н.Н., ГАНТИМУРОВА Н.И. Микрофлора почв Западной Сибири. - Новосибирск, 1970. - 213 с.
КЛИМКО А.И., КАНЦИБЕР Ю.А. ЕРМОЛИНА Л.М. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа.- М., 1979. - 190 с.
КЛЮЕВА В.А. Влияние мульчирующих укрытий на температурный режим осушаемой почвы//Сельскохозяйственная мелиорация. - 1974. - Т.XXXYI. - С.14-24.
КОВАЛЕВ Р.В., ТРОФИМОВ С.С. Общая характеристика почвенного покрова Западной Сибири//Агрохимическая характеристика почв СССР: Районы Западной Сибири. - М., 1968. - 112-118.
КОВДА В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. - Пущино, 1989. - 155 с.
КОВДА В.А., ЧИГИР В.Г., ФОМИНЫХ Л.А. Проблемы рационального освоения и охраны почвенного покрова северных территории//Прогноз изменения криогенных почв под влиянием хозяйственного освоения территорий: Тез. докл. Всес. конф.- Пущино, 1980. - С.5-9.
КОВРИГО П.А., ВИТЧЕНКО А.Н. Изменение микроклиматических параметров торфяно-болотных почв под влиянием мелиорации//Мелиорация, использование и охрана почв Нечерноземной зоны. - М., 1980.- С.45.
КОЖЕМЯКОВ А.В., ВЛАСОВ И.В. Влияние уровней грунтовых вод на биологическую активность мелиорируемых торфяно-болотных почв//Вестник ЛГУ. - 1980. - N 3. - С.109-113.
КОЖЕНКОВА В.П. Температурный режим и режим осадков Томской области//Y научная конференция ТГУ. - Томск, 1957. - С.28-36.
КОЗЛОВСКИЙ В.И. О формах анаэробных процессов в торфяниках Центральной Барабы//Почвоведение. - 1959. - N 8. - С.40-50.
КОЗЛОВСКИЙ В.И. Особенности теплового режима торфяно-болотных почв Барабы при сельскохозяйственном освоении//Бюлл. научно-исслед. и опытных работ УОМС. - 1957. - N 2. - С.45-47.
КОЗЛОВСКАЯ Л.С. Роль организмов в разложении растительных остатков и их сукцессии//Динамика органического вещества в процессе торфообразования. - Л., 1978. - С.122-140.
КОНОНОВА М.М. Окислительно-восстановительный потенциал как метод характеристики почвенных условий при различных способах орошения//Почвоведение.- 1932. - N 3. С.34-37.
КОПЫТОВА Л.Д., МАРКОВ Г.М., КИНЕНКО В.К. Особенности водного режима многолетних трав//Эколого-физиологические основы повышения продуктивности фитоценозов. - Иркутск, 1985. - С.27-31.
КОЧЕРГИН А.Е., ОРЛОВА Л.М. Нитрифицируемая способность черноземных почв Западной Сибири и эффективность азотных удобрений//Агрохимия. - 1970.- N 4. - С.6-11.
КОССОВИЧ П.С. Водные свойства почв//Опытная агрономия. - СПб, 1904. - Т. 5. - 241 с.
КОСТЯКОВ А.И. Основы мелиорации. - М., 1951. - 750 с.
КРАВЧЕНКО В.П. Способы регулирования водного режима осушаемых торфяных почв//Водное хозяйство. - Киев, 1966. - Вып. 5. - С.50-62.
КРАПИВИНА Л.А. Микрофлора торфяно-болотных почв южно-таежной подзоны Западной Сибири: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Красноярск, 1970. - 32 с.

КРУЖИЛИН И.П. Оптимизация водного режима почвы поливами для получения программируемых урожаев//Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. - Казань, 1984. - С.92-97.
КУЗИН П.С. Режимы рек южных районов Западной Сибири, северного и центрального Казахстана. - Л., 1953. - 201 с.
КУЗНЕЦОВ К.А. Почвы окрестностей г.Томска//Труды Томского университета. - Томск, 1937. - Т. 92. - С.114-125.
КУЗНЕЦОВ К.А. Почвы юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. - Томск, 1949. - 143 с.
КУЗНЕЦОВ К.А. Почвы Томской области//Вопросы географии Сибири. - Томск, 1951. - С.115-136.
КУК ДЖ. Регулирование плодородия почвы. - М., 1970. - 520 с.
КУЛАКОВСКАЯ Т.Н. Оптимизационная модель плодородия почв//Оптимальные параметры плодородия почв. - М., 1984. - С.246-250.
КУЛАКОВСКАЯ Т.Н., ДЕТКОВСКАЯ Л.П. Научные основы расширенного воспроизводства плодородия почв//Сельскохозяйственная наука - производству. - Минск, 1986. - С.69-79.
КУППА Д.К. Динамика окислительно-восстановительных условий в дерново-луговых почвах Колхидской низменности//Субтропические культуры. - 1979. - N 6. - С.105-109.
КУПРЕВИЧ В.Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения//Доклады АН СССР. - 1961. - Т. 79. - N 5. - С.863-866.
КУПРЕВИЧ В.Ф. Почвенная энзимология//Научные труды. - Минск, 1974. - Т. 4. - 402 с.
КУТУЗОВА Р.С. Характер кратковременных изменений общего количества почвенных бактерий, в том числе аммонификаторов в течение вегетационного периода//Микробиология. - 1979. - Т. XXYIII. - Вып. 5. - С.12-18.
ЛАРЕШИН В.Г., ИЛЮХИН М.Н. Окислительно-восстановительные условия засоленных почв при избыточном увлажнении//Доклады ТСХА. - 1970. - Вып. 160. - С.44-55.
ЛАТФУЛИНА Г.Г. Окислительно-восстановительная буферность почв: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - М., 1975. - 19 с.
ЛЕБЕДЕВ А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. - М.-Л., 1936. - 240 с.
ЛЕГЕНЧЕНКО Б.И., РОМАНОВСКИЙ Ч.А., ГОНЧАРИК М.Н. Влияние импульсного дождевания на физиологию и продуктивность некоторых сельскохозяйственных культур на торфяных почвах//Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. - М., 1983. - С.136-146.
ЛИХАЧЕВА В.А. Азот в почвах Воронежской области и его значение в земледелии: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Воронеж, 1960. - 16 с.
ЛИШТВАН И.И., ЯРОШЕВИЧ Л.М. Задачи научных исследований по проблемам Полесья в свете решений октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС и роль Пружанской гидрогеологической лаборатории в их выполнении//Проблемы Полесья. - М., 1986. - Вып. 10. - С.3-13.
ЛОГИНОВ И.И. Изменение свойств торфяных почв Барабинской низменности Западной Сибири в связи с их мелиорацией//Труды X Международной конференции почвоведов. - М., 1974. - Т. 10. - С.318-324.
ЛОГИНОВ И.И., МУХОМЕТЗЯНОВ Г.И. Исследование работы закрытого дренажа на торфяных почвах Барабинской низменности//Тез. докл. конф. Проблемы закрытого дренажа в Сибири и на Дальнем Востоке. - Тюмень, 1981. - С.10-12.
ЛУНДИН К.П. Исследование высоты капиллярного поднятия воды в торфе с помощью радиоактивных изотопов // Труды БелНИИМиВ. - 1967. - Т. XY. Мелиорация и использование осушаемых земель. - С.38-63.
ЛУПИНОВИЧ И.С., АФАНАСЬЕВ Н.И. Тепловые свойства заболоченных почв БССР//Доклады АН СССР. - 1965. - Т. IX. - N 10. - С.683-685.

ЛЬВОВ Ю.А. Характер и механизм заболачивания территории Томской области//Теория и практика лесного болотоведения и гидролесомелиорации. - Красноярск, 1976. - С.36-44.

ЛЮЖИНА Н.А. О взаимосвязи режимов влажности, температуры и окислительно-восстановительных условий в дерново-подзолистых почвах//Записки ЛСХИ. - 1971. - Т. 165. - Вып. 2. - С.50-55.

МАЛИЙ Н.Н. Мерзлотно-таежные, мерзлотные полуболотные почвы и вопросы их сельскохозяйственного использования: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - М., 1973. - 17 с.

МАЛИК Л.К. Гидрологические проблемы преобразования природы Западной Сибири. - М., 1978. - 179 с.

МАСЛОВ Б.С., МАХЛАЕВ В.К. Закрытый дренаж на торфяных почвах Западной Сибири//Вестник сельскохозяйственной науки. - 1982. - N 3. - С.124-130.

МАСЛОВ Б.С., МИНАЕВ И.В. Мелиорация и охрана природы. - М., 1985. - 271 с.

МАХЛАЕВ В.К. Исследование стока открытых осушительных систем на пойменных болотах Западной Сибири//Гидротехника и мелиорация. - 1985. - N 12. - С.14-25.

МЕДВЕДЕВ А.Г., ГОРБЛЮК А.В., ИВАНОВ Н.П., ШАБАНОВА Н.П. Оптимизация мелиорированных торфяно-болотных почв в целях повышения их плодородия и охраны от сработки торфа//Республиканская конференция по проблемам минерализации и эрозии торфа. - Минск, 1978. - С.77-86.

МЕДВЕДЕВ А.Г., ГОРБЛЮК А.В., ИВАНОВ Н.П., ШАБАНОВА В.И. Проблемы Полесья. - Минск, 1984. - С.79-86.

МЕДВЕДСКИЙ А.И., СИНИЦЫН Н.В. Продуктивность луговых трав в условиях регулируемой поемности: - Экспресс информ./ Осушения и осушительные системы. - М., 1977. - С.80-84.

МЕЕРОВСКИЙ А.С. Азотный режим окультуренных торфяно-болотных почв//Проблемы азота и урожай на Полесье. - Киев, 1967. - С.106-112.

МЕЗЕНЦЕВ В.С., КАРНАЦЕВИЧ И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. - Л., 1969. - 167 с.

МЕЛЕНТЬЕВА Н.В. Динамика различных форм азота и фосфора осушаемых торфяно-болотных и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. - Новосибирск, 1973. - С.128-141.

МЕЛЕНТЬЕВА Н.В. Почвы осушенных лесных болот. - Новосибирск, 1980. - 127 с.

МЕЛЕНТЬЕВА Н.В. Влияние гидромелиорации на трансформацию азота в торфяных почвах на юге Томской области//Гидромелиорация и рациональное природопользование: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания. - Л., 1982. - С.79-81.

МЕРТВЕЦОВА О.А. Микрофлора серых лесных почв Томской области и влияние на нее удобрений: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Томск, 1971. - 18 с.

МЕХТИЕВ С.Я. Некоторые данные по изучению различных почв Молдавии//Микробиология. - 1959. - Т. 25. - Вып. 5. - С.31-38.

МИЗЕРОВ Б.М. К материалам по строению пойм рек Западно-Сибирской равнины//Труды Томск. ун-та. - Сер. геол. - Т. 124. - 1953. - С.12-75.

МИНАЕВ И.В. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. - Минск, 1986. - 152 с.

МИНАШИНА Н.Г., ЕГОРОВ В.В. Роль учения В.В.Докучаева в развитии мелиоративного почвоведения//100 лет генетического почвоведения. - М., 1986. - С.61-68.

МИХАЙЛОВ В.О. Усовершенствование методики расчета разбавления сточных вод в реках//Труды ГГИ. - 1978. - Вып. 249. - С.14-75.

МИХАЙЛОВА Н.И. Тепловой режим почвы на Европейской территории Союза в теплый период года: Автореф. ...дис. канд. геогр. наук. - Л., 1954. - 16 с.

МОИСЕЕВА В.К. К вопросу о температурных оптимумах ферментов азотного режима//Научные труды/Сев.-Зап. НИИ с.-х. - 1975. - Вып. 34. - С.42-46.
МОСИЕНКО Н.А. Агрогидрологические основы орошения (на примере Западной Сибири, Урала и Северного Казахстана). - Л., 1984. - 306 с.
МУЛЬДИЯРОВ Е.Я. Пойменные болота Чулыма и вопросы их рационального использования//Проблемы охраны природы Западной Сибири. - Томск, 1980. - С.38-50.
МУСИКАЕВ Д.Я., АЛЕКСЕЕВ Е.Д. Торфяные почвы Нечерноземья - для производства кормов//Гидротехника и мелиорация. - 1984. - N 7. - С.62-64.
НАЗАРОВ Г.В. Зональные особенности водопроницаемости почв СССР. - Л., 1970. - 136 с.
НАПЛЕКОВА Н.Н. Взаимоотношения целлюлозообразующих микроорганизмов с олигонитрофильными бактериями//Известия Сиб. отд. АН СССР. - 1970. - Сер. Биология. - Вып. 2. - N 10. - С.27-31.
НГУЕН ВИ. Окислительно-восстановительное состояние почв различной влажности//Доклады ТСХА. - 1968. - Вып. 138. - С.14-25.
НЕКРАСОВ Н.И. Окислительно-восстановительные потенциалы в биохимических процессах//Успехи биологической химии. - 1934. - Вып. 10. - С.18-23.
НЕСТЕРЕНКО И.М., СИМОНОВ Ю.Г. Динамика влажности мелиорируемой торфяной почвы в зимний период//Почвоведение. - 1969. - N 5. - С.105-112.
НЕПРЯХИН Е.М. Пойменные почвы южных и юго-восточных районов Томской области//Природа поймы р.Оби и ее хозяйственное освоение. - Томск, 1963. - С.14-25.
НЕПРЯХИН Е.М. Почвы Томской области. - Томск, 1977. - 437 с.
НЕРПИН С.В., ЧУДНОВСКИЙ А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение-воздух-почва. - Л., 1975. - 358 с.
НИЧИПОРОВИЧ А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах//Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. - М., 1963. - С.113-118.
ОДУМ Ю. Экология. - М., 1986. - Т. 1. - 328 с.
ОЗОЛИНЯ В. Некоторые исследования микрофлоры осушаемых торфяно-болотных почв//Труды института микробиологии АН Латв. ССР. - 1958. - Вып. YII. Вопросы почвенной микробиологии. - С.160-164.
ОКРУШКО Г. Почвенные процессы, происходящие в осушаемых торфяниках//Труды Международного конгресса по торфу. - Л., 1966. - С.2-5.
ОКУНЦОВ М.М., ЕЛИСЕЕВА В.М. Причины непродуктивности некоторых торфяно-болотных почв Сибири//Ученые записки ТГУ. - 1948. - N 10. - С.125-129.
ОРЛОВ Д.С., РОЗАНОВ Б.Г., САКЯН С.Г. Образование железистых аккумуляций в долинах малых рек южной тайги//Почвоведение. - 1970. - N 7. - С.5-14.
ОРЛОВА В.В. Западная Сибирь. - Л., 1962. - 431 с.
ОРЛОВСКИЙ Н.В. Сезонная мерзлота и ее влияние на генезис и плодородие почв//Почвенный криогенезис. - М., 1974. - С.24-35.
ПАНИН П.С. Гидрохимический сток с территории Западной Сибири и особенности его формирования//Географические проблемы при сельскохозяйственном освоении Сибири. - Новосибирск, 1977. - С.66-75.
ПАНОВ Е.П., ШИШКОВ К.Н. Водно-воздушный режим и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур на осушаемых перегнойно-торфяных мощных почвах//Почвоведение. - 1971. – N 10. - С.83-93.
ПАНТЕЛЕЙ К.С. Водопотребность при краткосрочном затоплении луговых угодий на торфяных почвах//Осушение и осушительно-увлажнительные системы. - Красноярск, 1986. - С.130-134.
ПАНФИЛОВ В.П. Агромелиоративные аспекты гидротермического режима почв юга Западной Сибири//Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв: Тезисы докладов Всесоюной конференции. - М., 1975. - С.39-42.

ПАНФИЛОВ В.П. Пути регулирования теплового режима почв Сибири//Комплексные мелиорации. - М., 1980. - С.225-230.
ПЕННИНГ ДЕ ФРИЗ Ф.В.Т. Системный анализ и модели роста сельскохозяйственных культур//Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур. - Л., 1986. - С.18-32.
ПЕРЕВЕРЗЕВ В.Н. Влияние окультуривания на изменение химических свойств и агрохимические свойства болотных почв в Мурманской области//Почвоведение. - 1963. - N 5. - С.43-52.
ПЕТЕРБУРГСКИЙ А.В. О значении лизиметрического метода при изучении баланса питательных веществ в земледелии//Применение лизиметрических методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении: Материалы всесоюзного совещания в Ленинграде, 1972. - Л., 1972. - С.32-39.
ПЕТЕРБУРГСКИЙ А.В., НИКИТИШИН В.И., ШАБАЕВ В.П. Потери питательных веществ из почвы и внесенных удобрений вследствие вымывания//Агрохимия. - 1976. - N 7. - С.144-156.
ПИЛЕНТИКОВ В.В., ЦИПРИС Д.Б. Расчет режима воздушной мелиорации почв//Программирование урожаев на мелиорируемых землях. - Л., 1978. - С.50-59.
ПИРОШЕНКО Г.С., ШЕВЧЕНКО Л.А. Вымывание питательных веществ из легких дерново-подзолистых почв//Химия в сельском хозяйстве. - 1979. - N 2. - С.50-54.
ПЛАТОНОВ В.А., ЧУДНОВСКИЙ А.Ф. Моделирование агрометеорологических условий и оптимизация агротехники. - Л., 1984. - 279 с.
ПОЛЫНОВ Б.Б. Кора выветривания. - Л., 1934. - ____
ПОПОВА Т.П., РОСЛЯКОВ В.С. Измерение окислительно-восстановительного потенциала подземных вод: Бюллетень ОНТИ МН иОН СССР. - М., 1963. - N 1(45). - С.14-24.
ПОШОН Ж., ДЕ БАРЖАК Г. Почвенная микробиология. - М., 1960. - 260 с.
ПРИГОЖИН И., СТЕНГЕРС И. Порядок из хаоса. - М., 1986. - 431 с.
ПРИХОТЬКО В.Г. Особенности температурного режима осушаемых торфяников//Труды Института экспериментальной метеорологии. - 1976. - Вып. 6(57). - С.165-168.
ПРОХОРОВА З.А. Динамика питательного режима и окислительно-восстановительного процесса в почвах поймы р.Москвы//Почвоведение. - 1957. - N 1. - С.52-61.
ПРОХОРОВА З.А. Пойменные почвы Раменского расширения долины р.Москвы//Доклады ТСХА. - 1960. - Вып. 56. - С.18-24.
ПУЗАЧЕНКО Ю.Г., МОШКИНА А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях// Итоги науки. - 1960 - Сер. мед. геогр. - Вып. 3. - С.5-7.
РАБИНОВИЧ В.А., КУРОВСКАЯ О.В. Применение платинированных стеклянных электродов для полевых определений ОВП почвы//Почвоведение. - 1953. - N 4. - С.78-90.
РАБОЧЕВ И.С., РЕКС Л.М., ПЯГАЙ Э.Т., ЯКИРЕВИЧ А.М. Применение модели тепловлагопереноса в почвогрунтах для расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур//Почвоведение. - 1981. - N 1. - С.50-59.
РАСЬКОВА Н.В., ЗВЯГИНЦЕВ Д.Г. Активность акталазы в почвах под широколиственным еловым лесом и лугом//Почвоведение. - 1981. - N 6. - С.76-81.
РЕКС Л.М., ЯКИРЕВИЧ А.М. Методика расчета тепловлагопереноса в насыщенных грунтах с помощью ЭВМ//Моделирование гидрогеохимических процессов и научные основы гидрохимических прогнозов. - М., 1985. - С.125-131.
РАЗОРВИН И.В., ГАЙНУЛИН Г.И., КУЛЕВА Г.Н., ВАНИН А.А. Мелиорация поймы р.Буй//Осушение и осушительно-увлажнительные системы. - Красноярск, 1979. - С.89-105.
РАЗУМОВА Л.А. Изменене запасов почвенной влаги в зимний период//Метеорология и гидрология. - 1950. - N 1. - С.35-40.

РАССЕЛЬ Э., ДЖОН. Почвенные условия и рост растений. - М., 1955. - 124 с.
РЕВУТ И.Б., СОКОЛОВСКАЯ Н.А., ВАСИЛЬЕВ А.М. Структура и плотность почвы - основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений//Пути регулирования почвенных условий жизни растений. - Л., 1971. - С.51-125.
РЕЗНИКОВ А.А., МУЛИКОВСКАЯ Е.П., СОКОЛОВ Ю.П. Методы анализа природных вод. - М., 1970. - 488 с.
РОДЕ А.А. Система методов исследования в почвоведении. - Новосибирск, 1971. - 91 с.
РОЗОВ Л.Н.Мелиоративное почвоведение. - М., 1956. - 438 с.
РОМАНОВ В.В. Гидрофизика болот. - Л., 1961. - 370 с.
РОСС Ю.К. К математической теории фотосинтеза растительного покрова//ДАН СССР. - 1964. - Т. 154. - N 5. - С.1239-1242
РОСТОВЦЕВ Н.Н., РУДКЕВИЧ М.Я. Схематическая структурная карта по подошве мезозойского чехла Западно-Сибирской плиты//Геологическое строение и нефтегазоносность Западно-Сибирской равнины. - М., 1965. - С.140-168.
РУСИНОВ И.Ф. Мелиорация земель в Западной Сибири. - М., 1982. - 182 с.
РУТКОВСКАЯ Н.В., ОКИШЕВА Л.Н. Климатический очерк Васюганья//Природа и экономика Привасюганья. - Томск, 1966. - С.88-131.
РЯБОЙ В.Е., КОВАЛЕВ В.П. Температурный режим почв в условиях двустороннего регулирования водного режима//Проблемы и пути рационального использования природных ресурсов и охрана природы. - Шауляй, 1986. - С.26.
САНОЯН М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов. - Л., 1982. - 296 с.
СЕМЕНЕНКО Н.Н., АНДРЕЕВА Д.М., БЕЗЛЮДНЫЙ М.М. И ДР. Оптимизация азотного режима почв//Оптимальные параметры плодородия почв. - М., 1984. - С.96-116.
СЕМЕНОВ В.А. Комплексная программа повышения плодородия почв//Почвоведение. - 1984. - N 2. - С.61-70.
СЕРГЕЕВ Г.М. Агроклиматическое обоснование оптимизации сельскохозяйственного освоения лесной зоны Западно-Сибирской равнины: Автореф. ... дис. докт. геогр. наук. - Л., 1987. - 32 с.
СЕРДОБОЛЬСКИЙ И.П. Влияние влажности на ОВП в подзолистых почвах//Почвоведение. - 1940. - N 7. - С.47-59.
СЕРДОБОЛЬСКИЙ И.П. Динамика окислительно-восстановительных условий в черноземных почвах Каменной степи//Вопросы травопольной системы земледелия. - М., 1953. - Т. 2. - С.208-218.
СЕРДОБОЛЬСКИЙ И.П., ШАВРЫГИН П.И. Окислительно-восстановительные условия солончаковых луговых почв Ферганской долины//Труды почвенного института им. В.В.Докучаева АН СССР. - 1950. - Т. 31. - С.14-24
СИБИРЦЕВ Н.М. Почвоведение. - СПБ., 1900. - 380 с.
СИНЬКЕВИЧ Е.И. Пути регулирования плодородия торфяных почв Европейского Севера. - Л., 1985. - 268 с.
СИРОТЕНКО О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. - Л., 1981. -168 с.
СИУХИНА М.С. Окислительно-восстановительное состояние болотных почв Барабы в связи с осушением и освоением//Мелиорация болот Сибири. - Красноярск, 1980. - С.25-33.
СИУХИНА М.С. Окислительно-восстановительные условия почв поймы р.Оби//Особенности формирования и использования почв Сибири и Дальнего Востока. - Новосибирск, 1982. - С.150-155.
СКОРОПАНОВ С.Г. Мелиорация торфяников и проблема органического вещества//Изменение торфяных почв под влиянием осушения и использования. - Минск, 1969. - С.21-23.

СКОРОПАНОВ С.Г. Трансформация органического вещества торфяных почв//Тезисы докладов Y съезда ВОП. - М., 1977. - Вып. YII. - С.174-176.
СКОРОПАНОВ С.Г. Совершенствование научных основ мелиорации переувлажненных земель//Вестник сельскохозяйственной науки. - 1978. - N 9. - С.32-38.
СКОРОПАНОВ С.Г., БЕЛКОВСКИЙ В.И., БРЕЗГУНОВ В.С.Беречь и умножать плодородие торфяников. - Минск, 1976. - 125 с.
СКРЫННИКОВА И.Н. Исследования почвенных процессов в мелиорированных торфяно-болотных почвах Московской областной болотной опытной станции//Труды конференции по мелиорации и освоению болот и заболоченных почв. - Минск, 1956. - С.332-338.
СКРЫННИКОВА И.Н. Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах. - М., 1961. - 248 с.
СКРЫННИКОВА И.Н. Окислительно-восстановительные условия в окультуренных торфяных почвах//Тезисы докладов к конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока. - Горно-Алтайск, 1962. - С.127-129.
СКРЫННИКОВА И.Н. Исследование и использование торфяных почв//Почвоведение. - 1968. - N 12. - С.12-23.
СКРЫННИКОВА И.Н. Некоторые проблемы мелиорации и сельскохозяйственного использования торфяных почв в СССР//Труды X Международного конгресса почвоведов. - М., 1974. - Т. 10. - С.242-249.
СКРЫННИКОВА И.Н. Использование торфяных болот Нечерноземной зоны РСФСР//Почвоведение. - 1978. - N 1. - С.10-18.
СЛАВНИНА Г.П. Характеристика аэробных целлюлозных бактерий томских почв//Труды биол. ин-та Томск. гос. ун-та. - 1938. - Т. 5. - Вып. 1. - С.268-279.
СЛАВНИНА Т.П. Азот, фосфор, калий в лесостепных оподзоленных почвах Томской области//Труды ТГУ. - 1949. - Т. 109. - 196 с.
СЛАВНИНА Т.П. Азот в почвах элювиального ряда. - Томск, 1978. - 389 с.
СЛАВНИНА Т.П. Азот в почвах элювиального ряда: Автореф. ... дис. докт. биол. наук. - Новосибирск, 1980. - 54 с.
СЛАВНИНА Т.П., ИНИШЕВА Л.И. Биологическая активность почв Томской области. - Томск, 1987. - 214 с.
СЛАВНИНА Т.П., ЛИХАНОВА Г.И. Почвы поймы р.Оби в пределах Томской области//Вопросы биологии. - Томск, 1978. - С.14-23.
СЛАВНИНА Т.П., НЕПРЯХИН Е.М. Почвы поймы Средней Оби//Материалы конференции по проблеме "Освоение Томского Приобья". - Томск, 1971. - С.60-65.
СОКОЛОВСКАЯ Н.А. Особенности водно-воздушного режима торфяных почв низинных болот Барабинской низменности: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - М., 1955. - 16 с.
СОТНИКОВА Н.С. Водная миграция химических элементов в подзолистых почвах Ленинградской области по данным лизиметрических исследований. - Л., 1969. - 14 с.
СТАРИКОВА В.Г. Режимы осушаемых аллювиальных торфяных почв Томь-Чулымского междуречья: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Новосибирск, 1985. - 18 с.
СТЕПАНОВ Е.П., СТЕЛЬМАХ Е.А., ЧЕРЕНКОВ Н.Д. Эффективность орошения овощей в Нечерноземье//Гидротехника и мелиорация. - 1980. - N 10. - С.13-20.
СТЕПАНОВ Л.Н. Водопроницаемость мерзлых почв//Вопросы агрономической физики. - Л., 1957. - С.185-199.
СУДАС А.С., АФАНАСИК Г.И., ПЯТНИЦКИЙ В.Н. Эффективность регулирования водно-теплового режима растительного покрова на осушаемых торфяниках//Мелиорация переувлажненных земель. - Минск, 1982. - Т. XXX. - С.88-97.

СУДНИЦЫН И.И., ЕГОРОВЮ.В., ВАСИЛЬЕВА М.И., СИДОРОВА М.А. Проблемы оптимизации водного режима почв//Проблемы почвоведения. - М., 1982. - С.17-21.
СУРКОВ В.С. Новые представления о строении и возрасте складчатого фундамента Западно-Сибирской равнины//Геология и геофизика. - 1963. - N 2. - С.14-22.
СУСЛОНОВ Г.В. Лиманное орошение пойменных земель р.Иртыш//Актуальные проблемы повышения эффективности использования орошаемых земель. - 1985. - С.91-92.
СЫСО А.И. К вопросу о калийном питании на торфяных почвах//Научно-технический бюллетень СибНИИ проектно-технического института земледелия и химизации сельского хозяйства. - 1981. - С.45-46.
ТАНЗЫБАЕВ М.Г., ИНИШЕВА Л.И. Пойменные почвы//Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири. - Новосибирск, 1976. - С.123-128.
ТАРАРИНА Л.Ф., ВОИНОВА В.Н., БИРЮКОВА В.А. Изменение активности оксидредуктаз в процессе затопления серой лесной почвы//Охрана природы и совершенствования биогеоценозов. - Тула, 1974. - С.88-94.
ТАРАРИНА Л.Ф., ТАРАРИН С.В. Сезонная динамика аммиака и нитратов в серых лесных почвах//Почвоведение. - 1970. - N 12. - С.32-39.
ТЕРЕНТЬЕВ В.М., ЕМЕЛЬЯНОВ Л.Г., АНКУНД С.А. Физиологические основы оптимального водообеспечения растений на торфяных почвах//Физиолого-биохимические условия повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. - Минск, 1978. -С.100-104.
ТИТЛЯНОВА А.А. Биологический круговорот азота и зольных элементов в травяных биогеоценозах. - Новосибирск, 1979. - 150 с.
ТИТЛЯНОВА А.А. Методология и методы оценки первичной продукции и построение баланса химических элементов в экосистемах//Теоретические основы и опыт экологического мониторинга. - М., 1983. - С.63-76.
ТИТЛЯНОВА А.А., МИННИК В.Г. Модель круговорота азота и углерода в агроценозах пшеницы//Вопросы географии. - 1986. - N 12. - С.123-127.
ТОМАШЕВСКИЙ И.И. Болотные почвы и условия среды//Почвоведение. - 1957. - N 5. - С.1-11.
ТРУСКОВЕЦКИЙ Р.С. Режим калия в торфяных почвах Полесья и лесостепи Украины в связи с их окультуриванием: Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. - Харьков, 1966. - 27 с.
ТРУСКОВЕЦКИЙ Р.С., ГОРИН Н.А. Плодородие засоленных торфяных почв левобережья лесостепи УССР и урожай сельскохозяйственных культур//Агрохимия и почвоведение. - Киев, 1967. - Вып. 6. - С.60-64.
ТЮМЕНЦЕВ Н.Ф., НЕПРЯХИН Е.М., СМЕТАНИН И.С. Агрохимическая характеристика почв Томской области//Агрохимическая характеристика почв СССР (районы Западной Сибири). - М., 1968. - С.120-135.
ТЮРИН И.В. Органическое вещество и его роль в новообразовании и плодородии. - М., 1965. - 284 с.
УГЛАНОВ И.Н. Мелиорируемая толща почв и пород Юго-Западной Сибири. - Новосибирск, 1981. - 192 с.
ФЕТТЕР К.Электрохимическая кинетика. - М., 1967. - 157 с.
ФЕДОРОВ М.В.Почвенная микробиология. - М., 1960. - 351 с.
ФИЗИЧЕСКИЕ условия почвы и растения. - М., 1955. - 568 с.
ФИЛИППОВА А.К. Просачивание талых вод в период снеготаяния//Труды ГГИ. - 1955. - Вып. 48(102). - С.14-24.
ФОРРЕСТЕР ДЖ. Основы кибернетики предприятия: Индустриальная динамика. - М., 1971. - 340 с.
ФРУМКИН А.Н. И ДР. Кинетика электродных процессов. - М., 1952. - 24 с.
ХАЗИЕВ Х.Ф. Ферментативная активность почв. - М., 1976. - 180 с.

ХАЗИЕВ Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. - М., 1982. - 202 с.

ХРОМЫХ В.С. Влияние поемности на формирование ландшафтов пойм Средней Оби//Географический сборник. - Томск, 1973.-С. 14-25.

ХРОМЫХ В.С. Структура и качественная оценка ландшафтов поймы Средней Оби (в границах Томской области): Автореферат дис. канд. биол. наук. - Новосибирск, 1975. - 16 с.

ЦИПРИС Д.Б. Орошение в Нечерноземной зоне. - М., 1973. - 214 с.

ЦИПРИС Д.Б., БЕЛИНСКИЙ С.М. Классификация и сравнение критериев равномерности полива и задачи управления водным режимом поля//Водообороты систем в мелиорации и пути повышения эффективности их действия. - Л., 1979. - С.96-108.

ЦИПРИС Д.Б., РЕВУТ В.И. Орошение и мульчирование на северо-западе Европейской территории СССР. - Л., 1974. - 144 с.

ЦИПРИС Д.Б., РЕВУТ В.И. Расчет оптимальной водообеспеченности оросительных и осушительно-увлажнительных систем при ограничении на водоотбор//Перспективное планирование и прогнозирование развития мелиораций. - Л., 1981. - С.93-99.

ЦИПРИС Д.Б., САНОЯН М.Г. Двустороннее регулирование водного режима почв. - Л., 1978. - 183 с.

ЧАЙЛДС Э. Физические основы гидрологии почв. - Л., 1973. - 427 с.

ЧЕРНИКОВА М.И., КУЗЬМИНА Л.Н. Агрогидрологические свойства почв юго-восточной части Западной Сибири. - Л., 1965. - 284 с.

ЧИГИР В.Г. Тепловая мелиорация длительно-сезонномерзлотных почв. - М., 1978. - 147 с.

ЧУНДЕРОВА А.И. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в дерново-подзолистых почвах//Почвоведение. - 1970. - N 7. - С.22-27.

ШАБАНОВ В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. - Л., 1973. - 165 с.

ШАБАНОВ В.В. Системный подход к разработке методов комплексного мелиоративного регулирования//Применение системного анализа в ирригации и дренаже. - М., 1976. - С.45-51.

ШАБАНОВ В.В. Система задач и моделей требований сельскохозяйственных растений к условиям внешней среды при разработке методов мелиоративного регулирования//Комплексные мелиорации. - М., 1980 а. - С.72-90.

ШАБАНОВ В.В. Комплексное мелиоративное регулирование в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения//Комплексная мелиорация. - М., 1980 б. - С.49-65.

ШАБАНОВ В.В. Требования растений к температурам и возможные методы их регулирования//Комлексные мелиорации. - М., 1980 в. - С.119-136.

ШАБАНОВ В.В. Расчет влагообеспеченности яровой пшеницы. - Л., 1981. - 241 с.

ШАБАНОВ В.В. Автоматизация комплексного регулирования факторов жизни растений//Гидротехника и мелиорация. - 1982. - N 1. - С.60.

ШАБАНОВ В.В. Системный подход к разработке методов комплексного мелиоративного регулирования//Методы системного анализа в мелиорации и водном хозяйстве. - Л., 1983. - С.144-157.

ШАДИЛОВ В.Е. Расчет на ЭВМ вертикального движения влаги в почвах//Мелиорация переувлажненных земель. - Л., 1978. - С.14-28.

ШАМАНАЕВ В.А. Влияние способа и продолжительности использования низинных торфяных почв на ее калийный режим//Агрохимия. - 1983 а. - N 1. - С.35-42.

ШАШКО Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. - М., 1967. - 312 с.

ШЕБЕКО В.Ф. Водопотребление и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур на торфяных почвах//Труды БелНИИиВХ. - 1959. - Т. IX. - С.62-70.

ШЕВЕЛУХА В.С. Физиологические и мелиоративные проблемы регулирования земледелия//Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. - М., 1983. - С.44-56.

ШЕФТЕЛЬ И.Т. Терморезисторы: Электропроводность 3d-окислов, параметры, характеристики и области применения. - М., 1973. - 430 с.
ШМУК А.А. Динамика режима питательных веществ в почве. - М., 1950. - 372 с.
ШРАГ В.И. Пойменные почвы и их сельскохозяйственное использование. - М., 1954. - 112 с.
ШУЛЬГИН А.М. Климат почвы и его регулирование. - Л., 1972. - 341 с.
ШУМИЛОВА В.И., ЕЛИСЕЕВА В.М. Торфяные болота Томской области и пути их сельскохозяйственного освоения. - Томск, 1956. - 44 с.
ШУМАКОВ Б.Б., АЛЕКСАШЕНКО Т.С. Солеперенос в почве при равновесной динамике ионообменной сорбции//Доклады ВАСХНИЛ. - 1984. - N 5. - С.36-37.
ЩЕРБАКОВА Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах). - Минск, 1983. - 222 с.
ЭГГЕЛЬСМАН Р.Э. Руководство по дренажу. - М., 1978. - 255 с.
ЮХЛИН В.И. Гидролого-климатическое обоснование оросительных мелиораций по некоторым районам Томской области//Вопросы мелиорации Томского приобья. - Томск, 1974. - С.20-37.
ЮШКЕВИЧ И.А. Потери минеральных веществ из дерново-подзолистой почвы по данным лизиметрических исследований//Применение лизиметрических методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении. - М., 1972. - С.20-26.
ЯРКОВ С.П. Сезонная динамика некоторых процессов почвообразования//Почвоведение. - 1956. - N 6. - С.31-35.
BALAKTRISHNAN E.M., MARIAKULANDAI A. Factors influencing nitrification in soils//Magras. Agric. O. - 1965. - V.52. - No 5.
BIRCH N.F. Mineralization of plant nitrogen following alternate wet and dry condition//Plant and soil. - 1964. - V. 19. No 1.
BUCKINGAM E. Studies on the movement of soil moisture//S. Dept. Arg. Bur., Soils Bull. - No 38.
BUNNEL E.L., DOWING P. ABISCO - A generalized decomposition model for comparison between tundra sites//Soil organises and decomposition in tundra: Tundra Biom. Steeving Comitee, Stockholm, 1974.
EXPETE P.M., CORNFIELD A.N. Effect of varying static and changing moisture contents during incubation on ammonia and nitrate levels in soil//J.Agric. Sci. - 1966. - V. 1.
FLOATE M.J.S. Decomposition of organic materials from nill soils and pasture. II. Comparative studies on the mineralization of carbon, nitrogen and phosphorus from plants material and sheep faeces//Soil Biol. Biochemistry. - 1970. - V. 2.
HUUT H.W. A simulation model for decomposition in grasslands//Ecology. - 1977. - V. 58. - No. 3.
GARONER W., WIDSTOE J.A. The movement of the soil moisture//Soil Sci. - 1921. - V. 11. - No. 3.
KLUTE A. A numerical method for solving the slow equation for water in unsaturated materials//Soil Sci. - 1952. - V. 73. - P.105-116.
MARTEL Y., PAUL E.A. An example of a process model: The carbon turnover for use in ecosystem studies in grasslands//J. Grassland ecosystems: Review of reserch. Range Sci. Dep. Sci. Colorado State Univ. - 1970. - Ser. - No. 7.
MILLER R., JONSON D., The effect of soil moisture tension on carbon deoxide evolution, nitrification and nitrogen mineralization//Soil Sci. - 1964. - V.28. –
PINCK L.A., ALLISON F.E., SHERMAN M.S. Maintenance of soil organic matter.: II. Losses of carbon and nitrogen from young and mature plant materials during decomposition in soil//Soil Sci. - 1950. - V. 5. - No 2. –
PATRIC W., TURNER F. Effect of redox potentional on manganese transformation in water logged soil//Nature. - V. 220, 5166. - 1968.

REDDY J.M., CLYMA W. Chooring optimal design depth for surface irrigation systems//Agricultural water management. - 1983. - V. 6. - No 4. - P.335-349.

REICHMAN G.A., GRUNES D.L., VET F.G. Effects of soil moisture on ammonification and nitrification in two-northern plaais soils//Soil Sci. America Proc. - 1966. - V. 30. - No 3.

RESULOVIC H. Dinamica vode, var duha i oksido-redukcionug potencijala u paraponzolu//Sjcverne Bosne. Red. Polioprr. fax. Uni. - Sarajevu, 1970. - V. 19, 21.

REUSS J.O., INNIS G.S. A grassland nitrogen flow simulation model//Ecology. - 1977. - V. 58. - P.379-388.

RICHARDS L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums//Phisics. - 1931. - V. 1. - No 5.

ROSS D.J. Assays of invertase and amylase activities in soil. 2. Influence of pH with soil and plant materials from tussock grasslands//N.Z., J.Sci. - 1983. - V. 26, 3. - P.347-355.

SIMULATION of nitrogen behaviour of soil-plant systems//Wageningen, the Netherlands, 1981. - 277 p.

Оглавление

Предисловие	3
ГЛАВА 1. Экологические и почвенно-генетические аспекты теории и практики комплексных мелиораций	7
ГЛАВА 2. Пойменные почвы р. Оби и ее притоков как объект мелиорации в пределах южно-таежной подзоны Томской области	18
Природные условия	18
Особенности физико-химических и биологических свойств	23
ГЛАВА 3. Режимы пойменных почв и пути их оптимизации	38
Водный режим	49
Температурный режим	80
Окислительно-восстановительный режим	90
Биологический режим	110
Агрохимический режим	119
Гидрохимический режим	127
ГЛАВА 4. Структурная модель почвенно-экологического обоснования комплексных мелиораций	144
Заключение	156
Литература	158

Лидия Ивановна Инишева

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

ИБ 2581

Редактор Е. С. Юзефович
Технический редактор Г. Н. Гридина
Корректор Г. Г. Иванова

Издательство ТГУ, 634029, Томск, ул. Никитина, 4
Типография издательства «Красное знамя»
634050, ГСП, Томск, пр. Фрунзе, 103.