

*Л.И. Инишева, В.К. Махлаев*

**Мелиоративные режимы пойменных  
торфяников**  
(справочное пособие)

**Томск 2001**

УДК 631.626:631.445(553.97)

Инишева Л.И., Махлаев В.К. Режимы пойменных торфяников (справочное пособие). Томск: ЦНТИ, 2001.- с.200экз.

В пособии на основе результатов многолетних стационарных исследований приводится справочный материал по водному, температурному, окислительно-восстановительному и биологическому режимам пойменных торфяников южно-таёжной подзоны Западной Сибири в условиях осушения открытыми каналами и закрытым дренажем. Рассмотрен подход к оптимизации мелиоративных режимов. Приведена оценка динамики дренажного стока и его химического состава.

Для почвоведов, экологов, агрономов, мелиораторов, географов.

Inisheva L.I., Makhlaiev V.K.

This book is based upon the author's long-term experience of water, temperature, oxidation-reduction and biological regimes in river basin peatlands of West-Siberian South-taiga subzone. Attention is being given to drainage amelioration regimes by closed drainage and gutter drainage. It is reference book for amelioration.

It is addressed primarily to all professionals working in ecology, soil reclamation and monitoring.

Издание осуществляется в авторской редакции.

ISBN

© Л.И.Инишева, В.К.Махлаев

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Образование и свойства пойменных торфяников.....</b>	<b>7</b>
<b>Глава 2. Основные требования к мелиорации пойменных торфяников.....</b>	<b>11</b>
<b>Глава 3. Критерии оптимизации мелиоративного режима пойменных торфяников. Экологическое обоснование комплексных мелиораций .....</b>	<b>14</b>
<b>Глава 4. Влияние осушения на мелиоративные режимы пойменных торфяников.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Закрытый дренаж.....</b>	<b>24</b>
4.1.1. Водный режим.....	24
4.1.2. Температурный режим .....	31
4.1.3. Окислительно-восстановительный, микробиологический и агрохимический режимы .....	36
4.1.4. Дренажный сток .....	43
4.1.5. Химический состав дренажного стока.....	46
<b>4.2. Открытые каналы .....</b>	<b>50</b>
4.2.1. Водный режим.....	50
4.2.2. Дренажный сток.....	57
<b>4.3. Водопотребление многолетних трав.....</b>	<b>58</b>
<b>Глава 5. Экономическая эффективность и состоятельность освоения пойменных торфяников .....</b>	<b>60</b>
<b>Условные обозначения.....</b>	<b>63</b>

## Введение

На неблагоприятные в сельскохозяйственном отношении площади, нуждающиеся в мелиорации, приходится 70% земельного фонда нашей страны. Отсюда следует, что мелиорация в современных условиях – это необходимость. Развитие мелиорации должно вести к достижению оптимального народно-хозяйственного результата, выражающегося в получении устойчивой продуктивности агроэкосистем при сохранении экологического равновесия в природе.

Западная Сибирь известна своей высокой заболоченностью (36,5% общей площади суши) и высокой интенсивностью торфонакопления. В Сибири торфяники занимают площадь более 32 млн. га и привлекают внимание своеобразными условиями образования и развития, накоплением колоссальных масс органического вещества. Это, безусловно, объект мелиорации, так как в естественном состоянии эти угодья практически не дают какой-либо сельскохозяйственной продукции и проявляют высокое плодородие только после регулирования водного и пищевого режимов. В результате проведения мелиоративных мероприятий плодородие торфяных почв возрастает в 5-6 раз, однако при этом наблюдаются и отрицательные последствия. Это, прежде всего, усиление минерализации органического вещества торфов вследствие изменения водно-воздушного режима. Рациональное управление процессами торфообразования и, в первую очередь, минерализацией органического вещества - в этом заключается особенность мелиорируемых торфяников. Другая особенность определяется многофункциональностью торфоболотных экосистем. Ученые до сих пор не пришли к единому мнению о влиянии их на климатообразующую роль, водный баланс территории, экранирующее значение торфяной залежи от проникновения вредных веществ в подземные воды.

Мелиорация существенно воздействует на природную среду. Изменяя условия торфообразования и соответственно его направленность, мелиорация необратимо нарушает естественные режимы болотных экосистем. Оценить

степень воздействия, не влекущую за собой отрицательные последствия, – важная часть общей экологической задачи мелиорации.

Вместе с тем прогноз изменения должен охватывать все свойства почв. Это позволит уточнить параметры мелиоративной системы. Так известно, что торф под влиянием процессов коагуляции гуминовых кислот приобретает гидрофобность. Это выражается в резком снижении фильтрационных свойств торфяной залежи. Так Р. Эггельсман (1978) отмечает, что расчет расстояний между дренами осуществляется в разных странах и разными авторами по 61 формуле, существует несколько номограмм для выполнения таких практических расчетов, но ни в одной из них отмеченный факт коагуляции гуминовых кислот или изменения степени гумифицированности разлагающихся растительных остатков торфа в процессе эксплуатации не учитывается. В результате построенный на торфяниках дренаж далеко не всегда даёт тот эффект, на который рассчитывают проектировщики. Таким образом, проектирование и последующие строительство и эксплуатация мелиоративных систем должны осуществляться с позиций почвенно-экологического обоснования возможности и целесообразности освоения торфяников и включения их ресурсного потенциала в систему региональной мелиорации.

Но среди торфяников имеются наиболее ценные для земледелия, которые как бы сама природа создала для использования человеком в сельскохозяйственном производстве. К таким относятся пойменные торфяники. Геоморфологические особенности топографического положения пойм позволяют им накапливать большие количества минеральных веществ в течение всего торфогенеза. Поэтому месторождения пойм – всегда низинные торфяники, сложенные высокозольными торфами преимущественно топяной группы. Весной пойменные торфяники обильно увлажняются талыми водами, летом питаются грунтовыми водами из водоносных горизонтов коренных берегов и поверхностно-сточными. Пойменные торфяники наиболее доступны для введения их в сельскохозяйственный оборот после проведения мелиорации.

В предлагаемом справочном пособии рассматриваются свойства и условия образования пойменных торфяников, их режимы в естественном и осушенном состояниях, приводятся параметры оптимизации водного, температурного, биологического режимов, анализируется степень мелиоративного воздействия на режимы торфяников и на окружающую территорию. Здесь же обосновываются исходные параметры для строительства мелиоративных систем на пойменных торфяниках южно-таёжной подзоны Западной Сибири. Исследования проводились на пойменных торфяниках, осушаемых открытыми каналами и закрытым дренажем на системе польдерного типа.

# Глава 1. Образование и свойства пойменных торфяников

Пойменные торфяники формируются в условиях избыточного поверхностного и грунтового увлажнения, главным образом, в притеррасных отложениях участков поймы. Для этих почв характерно сочетание болотного процесса почвообразования и заиливания профиля благодаря воздействию паводковых и талых поверхностных вод, содержащих во взвешенном состоянии тонкие илистые частицы.

В поймах рек болотами заняты притеррасные понижения. В их торфяных залежах прослойки аллювия отсутствуют, а зольность торфа в основном определяется осадком (наилком), выпавшим из талых вод, которые поступают с террасы в пойму; в межень притеррасная часть поймы продолжает питаться водой, поступающей с террасы. В этой части поймы формируются болотные и таёжные биогеоценозы, не свойственные другим частям пойм. И если притеррасная пойма по типу гидрологических связей входит в состав пойменной биогеосистемы, то по геохимическим условиям она служит геохимическим барьером разгрузки террасных вод.

Согласно Ю. А. Львову (1991), пойменные болота Томской области на основании гидрологического режима пойм выделены в болотные округа. Обь-Иртышский пойменный болотный округ делится на 2 района (Колпашевский и Кожевниковский) с границей между ними около устья Чулыма. В пределах исследуемой нами территории располагается только Кожевниковский 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 выделяется Чулымский пойменный болотный округ, который включает поймы Чулыма, Чаи и их притоков и делится на 2 района — Чулымский и Яйский. В Яйском районе развиты карбонатные осоково-гипновые и древесные болота. В Чулымском районе, описанном Е. Я. Мульдьяровым (1980), выделяется 6 подрайонов. В Чулымском и Яйском районах расположены три объекта осушения пойменных болот, где проводились исследования (рис.1). Зырянский болотный подрайон занимает площадь между пос. Черный Яр и устьем р. Яи. Здесь отмечается расширение Чулымской поймы вследствие слияния рр. Чети и Кии с Чулымом. Из растительности в результате увеличения поемности преобладают дернисто-осоковые и березово-дернисто-осоковые болотные фации. Крупные массивы болот занимают в притеррасье поймы площади древних излучин. В растительном покрове по массиву наблюдается закономерность, определяемая условиями водно-минерального питания: притеррасная часть поймы занята согрой, окраина болот — дернистоосочником. 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-травяной виды торфа.

Водно-физические и химические свойства пойменных торфяников рассмотрим на примере поймы р. Кии, принадлежащих к Чулымскому болотному подрайону и характеризующихся древесно-осоковым составом торфа, и торфяников поймы Оби, располагающихся в пределах Обского Кожевниковского болотного округа.

Низкие значения объемной массы и степени разложения определяют высокую влагоемкость данных торфяников (табл. 1). Параметры половодья оказывают влияние на водно-физические свойства, которые по профилю довольно сильно варьируют.

Торфяники имеют реакцию почвенного раствора близкую к нейтральной, что объясняется высоким содержанием подвижного кальция (65—89 мг/100 г), оксидов кальция и железа, накапливающихся в результате



водородной аккумуляции (соответственно 3,11—3,74 и 1,93—4,65% на сухое вещество).

Состав гумуса постепенно изменяется с глубиной и характеризуется как гуматно-фульватный (торфяники Обского болотного округа) и фульватно-гуматный (торфяники Чулымского болотного подрайона). Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот равно соответственно 0,88 и 1,3 (табл. 2). В составе гуминовых кислот преобладает фракция, связанная с кальцием. Следует отметить также и высокое содержание нерастворимого остатка. В исследуемых торфяниках основная часть азота (84—88%) сосредоточена в недоступной для растений форме органических соединений, составляя 950-1400 мг/кг почвы. В отличие от европейских аналогов в исследуемых торфяниках содержание легкогидролизуемого азота значительно выше (126-138 мг/кг почвы).

Основу микробоценоза пойменных торфяников, находящихся 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%. Разложение азотсодержащих органических веществ в торфяных почвах осуществляется преимущественно аммонификаторами (табл. 3). Незначительно уступают им в количественном отношении разрушители безазотистого органического вещества, олиготрофы, олигонитрофилы, восстановители сульфатов, денитрификаторы.

В большом количестве в торфяниках притеррасной части поймы представлены также анаэробные фиксаторы азота. Несмотря на высокое содержание органического вещества, торфяники пойм в естественном состоянии плохо обеспечены минеральными формами азота, что подтверждается соотношением аммонификаторов и олигонитрофильных микроорганизмов, равным 1:4. Отмечается высокая потенциальная численность микроорганизмов, разлагающих клетчатку, а скорость разложения целлюлозы в естественных условиях низкая: за 15 дней

экспозиции разлагается 3% ткани. В целом высокая обеспеченность гумусом, валовым азотом и микрофлорой характеризуют плодородие пойменных торфяников как высокое. Пойменный процесс вносит существенные изменения в их свойства. Слоистость оказывает влияние на водно-физические свойства, способствуя улучшению их фильтрационных свойств. Особенность текстуры пойменных торфяников в связи с их органогенной структурой обуславливает высокую динамичность их свойств и режимов во времени и низкую устойчивость к внешним воздействиям. Пойменные торфяники экологически неустойчивы, и изменение их свойств и режимов в процессе мелиоративного воздействия может произойти достаточно быстро. В естественном состоянии торфяники 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 паводковых вод) и восстановительных (период половодья) условий среды. В структуре внутреннего оборота веществ пойменных торфяников преобладает остаточная продуктивность. Пойменные торфяники накапливают в естественном состоянии огромный резерв питательных веществ, содержащихся в торфяном слое. Но вследствие того, что значительная часть веществ привнесена и химически не закреплена, а вновь образующиеся вещества, например, гумусовые, характеризуются не сформировавшейся до конца структурой гумусовых молекул, высокое плодородие пойменных торфяников является динамически неустойчивым. Таким образом, пойменные торфяники могут служить оптимальной моделью в научных исследованиях по проверке прогноза последствий мелиоративного воздействия за короткий промежуток времени. Прежде всего, это проявляется на режимах мелиорируемых торфяников.

## **Глава 2. Основные требования к мелиорации пойменных торфяников**

Сельское хозяйство, основываясь на почвенно-генетическом подходе к решению комплексных мелиораций, должно решать одновременно две важные задачи: создание устойчивой продуктивности агроэкосистем и сохранение почвы как биологического и экологического ресурса биосферы посредством оптимизации режимов почв. Рациональное использование мелиорируемых торфяников невозможно без познания генезиса, состава, свойств и научной классификации их целинных аналогов - торфяных экосистем, так как торфяная почва - это результат болотного почвообразования. Болота - это саморегулирующиеся системы, обладающие определенным гомеостазом. Нарушение гомеостатического равновесия таких систем происходит при превышении возможных (пороговых) нагрузок и ведет к их разрушению. Для обоснованного решения мелиоративных задач необходимо знать свойства и режимы торфяников в их исходном состоянии, представлять их трансформацию в результате мелиорации, а также предвидеть все изменения, которые будут обусловлены мелиорацией.

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

Вышеизложенное 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-экологических режимов с учетом

ландшафтно-адаптивного уровня устойчивого урожая сельскохозяйственных культур. Методических указаний по выбору уровня урожая достаточно (Каюмов, 1977; Бондаренко, Жуковский, 1982 и др.). Однако все они рассчитаны на неблагоприятие какого-либо из параметров условий формирования урожая, чаще всего на недостаточную влагообеспеченность. При оптимизации почвенных режимов в условиях мелиорации нерегулируемым остается один фактор — приход фотосинтетически активной радиации (ФАР). Первый уровень должен соответствовать в регулируемых почвенных условиях расчетному урожаю - 1,0-1,5% ФАР. Это согласно многочисленным исследованиям (Тооминг, 1984 и др.), вполне реальный урожай. Второй уровень – действительно возможный урожай (ДВУ), получаемый в среднем за многолетний период по районированным сортам на сортоиспытательных станциях, на которых не регулируется водный режим, но агротехнические мероприятия соблюдаются полностью, что должно быть и на мелиорируемом поле. Этот уровень может быть проектным. Третий уровень - страховой (ДВУ x К) на случай существенного отклонения режима работы мелиоративной системы от оптимального, где К – коэффициент понижения ДВУ.

Разработка проекта проводится в два этапа: 1) почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций; 2) выбор системы мелиоративного воздействия и экономически эффективное, ландшафтно-геохимическое обоснование комплексных мелиораций.

На основании учета генетического состояния агроэкосистемы, 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 задач оптимизации почвенных режимов определяем гидротехнические и почвенно-мелиоративные параметры мелиоративных систем в соответствии с суммарными требованиями сельскохозяйственных растений и почвенно-экологическими - это первая часть работы над проектом

мелиорации. Следует подчеркнуть, что подбор сельскохозяйственных растений, выбор системы земледелия и мелиораций, видов техники и систем удобрений должны опираться на принцип экологического соответствия земледелия и ландшафта, на понимание долговременных экологических последствий мелиоративного освоения территории. Вторая часть состоит в выборе системы мелиоративного воздействия для осуществления регулирования требуемых почвенных условий с учетом экологии ландшафта. При этом возможно несколько вариантов инженерных решений. В окончательном варианте в рабочий проект после эколого-экономической экспертизы включается один вариант как основной.

### **Глава 3. Критерии оптимизации мелиоративного режима пойменных торфяников. Экологическое обоснование комплексных мелиораций**

Результаты исследований режимов пойменных мелиорируемых торфяников показывают, что мелиорация не должна ограничиваться и исчерпываться только подачей воды на орошение или отводом ее при осушении. Она должна обязательно быть комплексной, то есть сочетаться с другими видами мелиораций.

Непосредственным объектом мелиорации является почва. Ныне стало очевидно, что почвенные ресурсы ограничены и не могут увеличиваться. Почвенный покров выполняет биологические (концентрация живого вещества), биоэнергетические (накапливание энергии в 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.

В результате исследований выявлена степень воздействия осушения на режимы пойменных торфяников. Так, в условиях интенсивного осушения изменяется направленность биохимических режимов, нарушается экологическое равновесие в торфяниках, что приводит к увеличению биологической активности и, как следствие, — увеличению содержания подвижных соединений в почвах и далее к усилению миграции образовавшихся подвижных соединений в грунтовые и подземные воды, вызывая изменение их гидрохимического состава. В то же время оптимизация биологического состояния пойменных торфяников заключается в поддержании граничных условий генетически обусловленных почвенных режимов. Так, влажность пойменных торфяников в естественных условиях оптимальна в пределах 80—90% ПВ, окислительно-восстановительный

режим — в пределах 300—400 и 500—600 мВ, состояние азотного режима определяется аммонийным азотом. И, соответственно, ландшафтно-адаптивная мелиорация не должна кардинально изменять эти режимы

Контролирующим показателем мелиоративного воздействия является биологический фактор, характеризующийся узким диапазоном изменения на внешние условия. Таким образом, целью комплексной мелиорации должна быть оптимизация почвенных режимов. Подбор сельскохозяйственных культур проводится согласно свойствам и режимам почв.

Суть предлагаемого нами почвенно-экологического обоснования комплексных мелиораций (ПЭОКМ) изложена в структурной модели, которая имеет три этапа решения: исходное состояние почв, оптимизация почвенных режимов и эколого-экономическая оценка вариантов мелиорации (рис.3).

Первоначально все режимы рассматриваются в почвах естественного генезиса и представляют исходное состояние почв. Параметры их режимов поступают в блоки: тепловой, водный, солевой и биологический, потоки информации от которых направляются в блок оптимизации, где концентрируется информация о требованиях растений к почвенным режимам, экологические требования почв и варианты инженерных решений оптимизации соответствующих режимов на ландшафтно-адаптивной основе с учетом планируемого урожая сельскохозяйственных культур. В этом блоке подбирается состав культур в севообороте в соответствии с экологическими требованиями почв. 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- и солепереноса (ТВСП) в почвах — важный в модели ПЭОКМ. Перераспределение влаги, тепла и солей в почвах, происходящее в большом пространственном объеме и развивающееся во времени - сложная задача. Выполнить это можно путем изучения режимов: водно-воздушного, теплового, солевого, окислительно-восстановительного и

биологического. При этом важно определение баланса каждого режима и компонентов свойств почвы в отдельности и во взаимодействии.

Главная принципиальная трудность заключается в том, что в почве одновременно совершается 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 составляет водный и тепловой режим, так как в этой области почвенных режимов уже возможно составление полного баланса. Для водного режима можно количественно охарактеризовать следующие составляющие: поступление влаги в почву из атмосферы, грунтовых вод, поверхностный, внутрпочвенный и грунтовый стоки, испарение, изменение содержания влаги за периоды времени. Метод водного баланса при изучении мелиорируемых почв впервые был применен А.Н.Костяковым в 1919 г. В настоящее время в нашей стране и за рубежом известно более 40 методов расчета водного баланса.

Одним из дальнейших путей совершенствования расчетов водного режима на мелиорируемых землях является применение системы уравнений тепло- и влагопереноса, с целью прогнозирования водного режима при мелиоративном воздействии. При этом необходимы многолетние наблюдения за режимами почв в полном объеме с целью получения информации о сущности протекающих процессов и их количественной характеристике. Например, в осушаемых пойменных торфяниках низкой поймы (р. Чулым), в которых уровень грунтовых вод (УГВ) не опускался за пределы 120—150 см, даже незначительный подъем УГВ под влиянием осадков или паводков оказывал существенное воздействие на водный режим, оценить который количественно не представлялось возможным.

Наконец, согласно исходной постановке задачи — получение заданного урожая сельскохозяйственных культур при условии сохранения экологических требований почв в процессе мелиоративного воздействия —



следует, что в модели должны быть ограничения на тепловой, водный, а также солевой режимы эколого-генетического характера. Такой подход представляет собой решение одной из обратных задач — нахождение граничных условий, обеспечивающих минимальное отклонение параметров ТВСП от принятых ограничений. В наших исследованиях такие 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 пойменных торфяников разных типов различны. В условиях осушения граница оптимальной влажности не должна выходить за пределы 0,7-0,9 ПВ. При этих условиях влажности генетически обусловленное равновесие в торфяниках сохраняется 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 почвенно-экологического обоснования комплексных мелиораций (рис. 3) учитывается также поступление солей с атмосферными осадками и удобрениями, поглощение азота из атмосферы и вынос солей с дренажным стоком. Динамика солевого режима усложняется вследствие необходимости учета биологических процессов, а также поступления подвижных соединений при превращении органического вещества в торфяниках, 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 торфов, - фосфор-, серо-, 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 торфов) могут одновременно и передвигаться в почвенной толще, и подвергаться различного рода химическим превращениям. В таких случаях составить полный режим и баланс вещества не представляется возможным.

Заслуживают внимания математические и концептуальные модели трансформации органического вещества, которые входят в блок солепереноса. Гумус почвы - динамическая система, он все время обновляется за счет поступления и гумификации новых органических остатков. Процесс идет непрерывно, никогда не начинаясь и не заканчиваясь.

Определение абсолютного возраста  $^{14}\text{C}$  разных фракций гумусовых веществ показывает, что в составе гумуса одновременно содержатся вновь образованные гуминовые кислоты и «старые» кислоты, которым по 5—7 тыс. лет (Глазовская и др., 1984). Вместе с тем, как отмечают авторы, возраст гуминовых кислот дифференцируется по стратиграфии залежи: чем глубже, тем старше. По-видимому, перемещение и образование гуминовых кислот в менее контрастных условиях по гидротермическим параметрам частично способствует смещению процессов трансформации в сторону поликонденсации молекул гуминовых кислот. Составить и решить алгоритм процесса трансформации органического вещества, надо полагать, будет очень трудно, так как процесс этот одновременно идет в разных направлениях, а результирующая определяется этими направлениями.

Для модели ПЭОКМ важен конечный результат этого процесса — увеличение содержания подвижных питательных элементов для питания сельскохозяйственных культур. Вместе с тем процесс трансформации органического вещества должен проходить в оптимальном экологическом режиме — соблюдении в почве бездефицитного баланса гумусовых веществ.

Первые подходы к математическому описанию динамики органического вещества принадлежат Н. М. Сибирцеву (1900) и Г. Иенни (1948). Последним было высказано предположение о том, что разложение гумусовых веществ подчиняется экспоненциальному закону. А накопление их означает развитие экосистемы и переход ее к состоянию климакса. Основываясь на результатах работ Г.Иенни, Т.Г.Гильманов (1975) вывел

формулу для определения изменения общего количества гумусовых веществ в слое в возрасте  $\tau$  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 вышерассмотренных уравнений модель С.А. Алиева имеет ряд преимуществ. В ней учитываются процессы гумификации - минерализации во вновь поступившем в почву ОВ - отдельно от ранее поступивших запасов гумусовых веществ, что объясняется, согласно автору, их разным биохимическим составом. Высказанное С.А. Алиевым предположение в дальнейшем было подтверждено работами Миндермана (1968), Bunnel (1974), которые использовали в модели сумму экспонент, характеризующих разложение отдельных веществ — сахаридов, гемицеллюлозы, лигнинов, фенолов. Однако в формуле, предложенной С.А. Алиевым, не учитывается разложение запасов гумусовых веществ. Предполагается, видимо, что его запасы постоянны. И.В. Тюриным (1965) было предложено уравнение минерализации ОВ, где приводились две скорости разложения: для свежего ОВ и гумусовых веществ.

Следует также отметить, что в ряде работ высказывается сомнение о правильности подхода к разложению ОВ по экспоненциальной зависимости (Hunt 1977; Pinch, 1950; Floate, 1970; Martel, 1970). Есть и другая точка зрения на процесс разложения ОВ - с позиций термодинамики (Miller, 1964; Кононова, 1960; Чертов, 1985).

По трансформации азотсодержащих органических веществ количество теоретических и экспериментальных работ чрезвычайно велико. За последнее двадцатилетие создано немало моделей круговорота азота в экосистемах (Титлянова., 1986 и др.). На состоявшейся в Бразилии встрече в 1978 г. (Simulation, 1981) по моделированию поведения азота в системах почва - растение было рассмотрено 29 моделей. Известны модели А.Я. Вина (1986), Х. Кейлина (1986), I. Ross и др. (1977), Н.А. Кана (1982), Т.Г. Гильманова и др. (1982). Если сравнить первоначальные и современные модели

трансформации органического вещества, в том числе и азотсодержащего, то общим у них является выбор направления математического моделирования, а отличие заключается в усилении биологической составляющей в последних. При расчетах процессов передвижения в почвах солей могут быть использованы известные модели баланса органических и минеральных веществ (Глазовская, 1972; Базилевич, 1976; Клишко и др., 1979; Канцибер и др., 1976; Титлянова, 1983; Зеленев, Розанов, 1984; Титлянова, Лунник, 1986). Каждый из принятых авторами способов построения модели имеет недостатки и достоинства. Это не исключает использование математических моделей для вариантных проработок мелиоративного прогноза.

Весьма важным является выявление биологических режимов, которые принимают участие в почвообразовании. Без расшифровки этих процессов трудно будет разобраться в сущности почвообразовательных процессов и выйти на их математическое и физико-математическое моделирование. Это следует из того факта, что исследование биологических процессов, с одной стороны, ведет к решению почвенно-генетических вопросов, а с другой - к пониманию природы мелиоративного плодородия. Таким образом, в модели ПЭОКМ этот режим присутствует в двух видах. Он представлен как самостоятельный блок в модели и входит составной частью в блок трансформации органического вещества почвы.

Исследования, проведенные на пойменных торфяниках, показывают, что не всегда увеличение содержания элементов питания растений и других подвижных соединений в почвах, свидетельствующее об улучшении их агрохимических свойств, констатирует сохранение экологического равновесия в почвах. Переход элементов из труднодоступного состояния в подвижные формы способствует их миграции за пределы почвенного профиля. На самом же деле усиливается микробиологическая и энзимологическая активности, в результате которых происходит разрушение органического вещества почв, количественное перераспределение его фракций по степени гидролизуемости и нарушение биологического и экологического равновесия. Как показали исследования в течение 12 лет

режимов пойменных торфяников на объектах осушения, состав микробоценоза и ферментативная активность почв - показатели-индикаторы начавшегося процесса разрушения экологического равновесия почв.

Из всего сказанного следует, что исследование первого этапа (исходное состояние почв) структурной модели ПЭОКМ сводится к решению задач оптимизации действия сложных систем и процессов, которые составляют основу почвенных режимов в ненарушенном состоянии.

Вполне понятно, что для оптимизации почвенных режимов найти единый, обобщенный критерий пока практически невозможно. Надо полагать, выход может быть найден при последовательном сочетании двух, трёх параметров, поисков их оптимального сочетания. Традиционно в почвоведении этот вопрос решался на уровне определения корреляционных отношений, а также с помощью информационно-логического анализа. В наших исследованиях мы также пошли по этому пути. Были рассчитаны линейные и нелинейные парные и множественные зависимости по разным параметрам почв: влажности, ОВП, подвижным химическим соединениям, ферментам, физиологическим группам микроорганизмов.

В результате проведенных расчетов коэффициентов парной корреляции выяснилось, что наибольшее число достоверных связей отмечается между ОВП и остальными параметрами почв. Большой информацией о направлении почвенных процессов обладают отдельные микробиологические показатели и ферменты. В исследуемых пойменных торфяниках это оказались аммонификаторы и фермент каталаза.

Следует особо отметить, что подсчет корреляционного отношения между множеством параметров, о которых говорилось выше, показал, что вид связей носит сложный характер с преобладанием нелинейных зависимостей, а количество таких связей значительно больше по сравнению с линейной зависимостью. Нами были сделаны выводы о возможных обобщенных критериях для оценки оптимизации почвенных режимов, которыми были названы ОВП, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, аммонификаторы.

Полученные критерии не могут претендовать на безусловность, для их подтверждения должны быть проведены целенаправленные опыты на основных типах почв с учетом максимального количества факторов как внешних почвообразующих, так и внутренних почвенных с оценкой вклада каждого фактора в отдельности. Но проведенные нами исследования показывают важность биологического фактора и обязательность определения его составляющих.

В исследования второго этапа в модели ПЭОКМ входит также решение задач оптимизации почвенных режимов в условиях мелиоративного воздействия посредством принятия инженерных решений. Часть этих задач уже решена исследователями-мелиораторами (Циприс, Беленький, 1979; Галямин, 1981; Брусиловский, 1981; Акопян, 1984; Закржевский, 1986 и др.), другие близки к решению (Пачепский, 1976 и др.). В целом окончательная реализация почвенно-экологического подхода в модели потребует совместных усилий почвоведов, математиков, биологов, мелиораторов.

Третий этап в модели является эколого-экономическим. Термин «экологический» равнозначен ландшафтно-геохимическому подходу оценки варианта проекта. На этом этапе мелиоративная система в проекте оценивается с позицией воздействия на агроэкосистему.

Цель природоохранных мероприятий, определяемых ранее в проектах, была 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 отмечали, что в недалёком времени мелиоративная система с природоохранными мероприятиями — это была система компромисса между природой и человеком.

Поэтому в состав блока предлагаемой модели «Экология среды» входит оценка воздействия на водно-воздушную среду, ландшафт, флору и фауну.

В экономических оценках в настоящее время может быть учтена только часть изменений природных комплексов.

## Глава 4. Влияние осушения на мелиоративные режимы пойменных торфяников

### 4.1. *Закрытый дренаж*

#### 4.1.1. Водный режим

Уровни грунтовых вод. В режиме грунтовых вод пойменных торфяников хорошо выражены весенний и осенний подъёмы уровней, летнее и зимнее их снижение. Весенний подъём уровней вызывается главным образом таянием снега, осенний подъём – выпадением осадков и уменьшением испарения. Летнее снижение уровней объясняется небольшим количеством осадков и высоким испарением, зимнее снижение – расходом влаги на миграцию в промерзающий слой зоны аэрации и дренирующим действием реки – водоприёмника. Сопоставление глубины УГВ в периоды зимней ( $H_3$ ) и летней ( $H_л$ ) межени, максимальных подъёмов весной ( $H_в$ ) и осенью ( $H_о$ ) показывает, что  $H_3 > H_л$ ,  $H_в < H_о$ . Эти два соотношения характерны для режима УГВ в Западной Сибири (Маслов, 1970).

Зимой грунтовые воды снижаются до 149-239 см от поверхности земли, достигая наибольших глубин в конце марта – начале апреля. Эти величины значительно превышают глубину закрытого дренажа, что обусловлено дренирующим действием реки и оттоком грунтовых вод по почвенным капиллярам в верхние промерзающие горизонты торфяного профиля.

Весной подъём грунтовых вод начинается с таянием снега, в конце марта – начале апреля, до наступления положительных среднесуточных температур воздуха. Заканчивается снеготаяние, как правило, через 3-7 дней после наступления положительных температур, а подъём грунтовых вод завершается в конце апреля – начале мая, через 2-20 дней после окончания снеготаяния. что связано с выпадением осадков. Высота подъёма составляет



71-239 см, интенсивность подъёма – 4,3-27,4 см/сут. В результате снеготаяния грунтовые воды по площади пойменных торфяников устанавливаются на глубине 0-118 см от поверхности земли.

Под действием дренажа интенсивность снижения УГВ после окончания снеготаяния составляет 1,1-6,5 см/сут, и в конце апреля – первой половине мая грунтовые воды устанавливаются глубже 40 см от поверхности земли, т.е. на глубине предпосевной нормы осушения (табл. 4).

Оптимальные сроки сева и посадки сельскохозяйственных культур в Сибири следующие: пшеницы и ячменя – 10-25 мая, овса – 10-30 мая, льна – 10-30 мая, ранней капусты – 10-20 мая, поздней капусты – 20-30 мая. В южной части Среднего Приобья наиболее рациональный срок сева ранних яровых зерновых культур – 10-15 мая, льна – 15-20 мая, гороха – I декада мая, кукурузы – конец мая-начало июня, посадки картофеля – 15-25 мая, высадки рассады капусты – 25мая-30 июня (Агроклиматические ресурсы Томской области, 1975).

Таким образом, даты устойчивого снижения УГВ до 40 см от поверхности земли хорошо укладываются в приведённые выше оптимальные сроки сева и посадки сельскохозяйственных культур.

Второй подъём грунтовых вод наблюдается в мае, в период весеннего половодья. Под действием гидравлической связи грунтовых вод с речными, а также под влиянием осадков происходит подъём грунтовых вод на 6-90 см с интенсивностью 0,4-20, 0 см/сут. Представление о динамике уровней воды в реке и грунтовых вод на участке осушения в условиях высокого и низкого половодья даёт рис. 4.

В результате подъёма грунтовые воды устанавливаются на глубине 9-102 см. В годы с низким и средним половодьем корнеобитаемый 0-30 см слой торфяников не подтапливается. В годы с высоким половодьем корнеобитаемый слой не подтапливается только на вариантах дренажа 15×1,30м и 25×1,30м, на дренаже 15×0,80м подтопление наблюдалось в течение 1 суток, на дренаже 15×1,10 – 4 суток, на вариантах дренажа 25×0,80м, 25×1,10м, 35×1,10м, 35×1,30м – 13-17 суток. Таким образом,

уменьшение расстояния между дренами до 15-25м и увеличение глубины заложения дрен до 1,30м даёт возможность избежать подтопления корнеобитаемого слоя торфяников даже в годы с высоким половодьем. Со спадом половодья происходит снижение УГВ с интенсивностью 0,9-5,3 см/сут.

Многие исследователи считают, что при выращивании трав на торфяниках глубина грунтовых вод в начале вегетации должна быть 50-60 см (Горшков и др. 1969, Русинов 1975, Скрипчинская и др 1977, Чернёнок 1976), а в последующем – 70-90 см (Забочина 1966, Кравченко 1966, Маслов и др. 1984, Михальцевич и др. 1974). Наши исследования показали, что в пойменных торфяниках закрытый дренаж обеспечивает своевременное понижение УГВ весной и в начале лета.

Заметное влияние на режим грунтовых вод оказывают атмосферные осадки. Высота подъёма грунтовых вод от летних осадков составляет 1-71 см, интенсивность подъёма – 0,3-7,3 см/сут, от осенних осадков – соответственно 3-46 см и 0,5-9,2 см/сут.

Большое влияние на режим грунтовых вод оказывает гидрологический режим реки-водоприёмника. Например, спады и подъёмы грунтовых вод согласуются с колебаниями уровней воды в р.Кия (см. рис.4). Подъёмы уровней воды в реке весной, как отмечалось ранее, приводят к значительным подъёмам грунтовых вод. Река оказывает заметное дренирующее действие на осушаемый массив. Во многом благодаря этому обстоятельству грунтовые воды опускаются ниже глубины дрен на дренаже глубиной 0,80м в июне-июле, на дренаже глубиной 1,10-1,30м – в июле-октябре, а в отдельных случаях – в ноябре-декабре. В период зимней межени грунтовые воды опускаются на глубину 149-239см от поверхности земли.

Глубина грунтовых вод к моменту возобновления вегетации многолетних трав изменяется в годы исследований от 15 до 160 см (табл. 5), что обеспечивает нормальное развитие травостоя в начале вегетационного периода. К моменту проведения первого укоса трав (16-19 июня) грунтовые воды даже в самый неблагоприятный год находятся на глубине 40-75 см, в

остальные годы – на глубине 61-122 см, ко второму укосу (19-30 июля) – на глубине 65-132 см, к третьему укосу (10-13 сентября) – на глубине 74-153 см (табл. 5), что обеспечивает своевременное проведение уборочных работ.

Глубина грунтовых вод в среднем по периодам вегетации многолетних трав зависит от параметров дренажа (табл. 6).

Различия в метеорологических и гидрологических характеристиках лет исследований обусловили разницу в УГВ по годам. Средняя за вегетационный период глубина грунтовых вод изменяется по вариантам дренажа от минимальных значений 64-97см до максимальных значений 83-117см, составив в среднем за период наблюдений 80-111см (см. табл.6). В пределах междренних полос различие УГВ резко выражено лишь в мае-июле, во время интенсивной работы дрен (рис. 5). В августе-сентябре, при понижении грунтовых вод глубже 80см, кривые депрессии выражены слабо. В этот период дренаж практически прекращает работу.

Построенные по экспериментальным данным графики зависимости урожая многолетних трав от глубины грунтовых вод (рис. 6) показали, что наибольший урожай сена многолетних трав в первом укосе получен при глубине грунтовых вод  $H=70-80$ см, во втором укосе – при  $H=90-100$ см, в третьем укосе – при  $H=105-125$ см, за вегетационный период в целом - при  $H=95-105$ см.

В целом за период наблюдений наиболее благоприятные глубины грунтовых вод в первом укосе наблюдаются на дренаже  $15 \times 1,10$ м и  $15 \times 1,30$ м, оптимальные нормы осушения во втором укосе – на вариантах дренажа  $15 \times 1,10$ м и  $25 \times 1,30$ м, в третьем укосе – на вариантах  $15 \times 1,10$ м,  $25 \times 1,10$ м,  $25 \times 1,30$ м,  $35 \times 1,30$ м, за вегетационный период в целом – на дренаже  $15 \times 1,10$ м и  $25 \times 1,30$ м.

Таким образом, оптимальный режим УГВ при осушении пойменных торфяников под многолетние травы складывается на вариантах дренажа  $25 \times 1,30$ м и  $15 \times 1,10$ м.

Влажность. На формирование режима влажности осушаемых торфяников большое влияние оказывает влагонакопление в зимний период.

Наибольшее увеличение влагозапасов наблюдается в верхнем полуметровом слое, запасы влаги в котором возрастают на 24-136мм, а влажность увеличивается за зиму с 50-96% от полной влагоёмкости (ПВ) до 64-96% ПВ. В слое 50-100см запасы влаги увеличиваются на 5,2-76,0мм, влажность изменяется от 50-100% ПВ перед промерзанием до 56-95% ПВ перед снеготаянием. Влагозапасы метровой толщи торфяников возрастают на 22,2-190,3мм. Величина зимнего влагонакопления находится в прямой зависимости от максимальной глубины промерзания (рис. 7).

В результате весеннего снеготаяния запасы влаги в слое 0-50см возрастают на 6-63мм, в слое 50-100см – на 14-101мм, в метровом слое – на 49-136мм. После снеготаяния влажность слоя 0-50см становится равной 80-100% ПВ, слоя 50-100см – 82-100% ПВ. Талые снеговые воды идут преимущественно на пополнение запасов влаги в почве, и лишь небольшая их часть идет на образование дренажного стока и на пополнение запасов грунтовых вод.

На режим влажности торфяников оказывают влияние параметры дренажа, режим грунтовых вод и метеорологические условия.

Средние и экстремальные влагозапасы торфяников за период вегетации на вариантах дренажа 15×0,80м, 15×1,10м, 15×1,30м, 35×1,10м, 35×1,30м представлены на рис. 8.

При осушении земель немаловажным является вопрос о недопустимости переосушки. По данным И.С. Никитина и др., 1986, В.С. Станкевича, В.Я. Чернёнка, 1972, угнетение роста и развития многолетних трав наступает при влажности корнеобитаемого слоя почв 30-40% ПВ. Наибольшему иссушению в пойменных торфяниках подвергался слой 0-5см, минимальная наблюдаемая влажность которого 37,9% ПВ, в слоях 5-10, 10-20, ...40-50см влажность опускалась до 42,8-64,8% ПВ. Что же касается корнеобитаемого слоя в целом, а также слоя 0-50см, то их минимальная влажность составила соответственно 47,1% ПВ и 50,4% ПВ. Таким образом, даже в самые засушливые годы (92,8-99,0% обеспеченности по осадкам и 73,0-85,0% обеспеченности по коэффициенту увлажнения) влажность

торфяников, осушаемых закрытым дренажем, не опускалась ниже минимально допустимых пределов.

На основании анализа литературных данных и собственных исследований нами принята следующая градация влажности торфяников при выращивании многолетних трав: недостаточная влажность – менее 50% ПВ, достаточная – 50-60% ПВ, благоприятная – 60-70% ПВ, оптимальная – 70-85% ПВ, избыточная – свыше 85% ПВ.

Построенные по экспериментальным данным графики зависимости относительной урожайности трав от влажности корнеобитаемого 0-30см слоя торфяников (рис.9) показали, что наибольший урожай сена в первом укосе получен при влажности 74-85% ПВ, во втором укосе – при влажности 70-75% ПВ, за вегетационный период в целом – при влажности 70-77% ПВ. Таким образом, в течение вегетационного периода оптимальная для развития многолетних трав влажность в пойменных торфяниках составляет 70-85% ПВ. Причём в условиях разных параметров дренажа влажность за вегетационный период в среднем изменялась в оптимальных пределах (табл.7).

В среднем за период исследований корнеобитаемый 0-30см слой торфяников был переосушен только на вариантах дренажа 15×1,10м и 15×1,30м, причем непродолжительное время – 2,9-6,8% периода вегетации. Переувлажнение отмечалось на протяжении 0,0-33,8%, достаточная влажность – 0,0-31,6%, благоприятная – 12,4-51,6%, оптимальная – 16,4-56,8% вегетационного периода. Слой 0-50см переосушке не подвергался, продолжительность периода переувлажнения составила 1,6-46,7%, достаточной увлажненности – 0,0-27,8%, благоприятной влажности – 7,0-65,6%, оптимальной влажности – 18,0-54,9% длительности вегетационного периода. Метровый слой в целом не испытывал недостатка влаги, был благоприятно увлажнен 0,0-28,7%, оптимально увлажнен – 43,4-75,4%, переувлажнен на протяжении 9,0-56,6% продолжительности вегетационного периода. Наиболее благоприятный режим влажности торфяников складывается при расстоянии между дренами 15-25м и глубине дрен 1,1-1,3м.

Полученные результаты по водному режиму пойменных торфяников позволили нам рекомендовать для расчета влажности слоёв 0-30см и 0-50см торфяников следующие зависимости:

$$W=A-BH^C, \quad (1)$$

где  $W$  – влажность, % ПВ;

$H$  – глубина грунтовых вод от поверхности земли, м;

$A, B, C$  – эмпирические коэффициенты.

Коэффициенты  $A, B, C$ , а также вероятность ( $P_{10}$ ) вычисления влажности с ошибкой менее 10% приведены в табл.8.

Предлагаемые зависимости существенны на 1%-ном уровне значимости ( $F=1,45-2,97 > F_{01}= 1,39$ ) и применимы при  $0,1\text{м} < H < 1,7\text{м}$ ,  $0,45\text{ПВ} < W < 1,0\text{ ПВ}$ .

Для определения водообмена 0-50см слоя торфяников с нижележащими горизонтами было использовано уравнение водного баланса. Результаты наблюдений приведены в табл.9, из которой следует, что в пойменных торфяниках, осушаемых закрытым дренажем, влагообмен за месяц достигает существенных величин, за вегетационный период он незначителен.

## 4.1.2. Температурный режим

Тепловой режим является одним из ведущих факторов в создании условий произрастания сельскохозяйственных растений и в формировании равновесия протекающих в почве биологических и физико-химических процессов.

Температурный режим почв конкретного региона определяется его радиационными условиями. По данным В.Н.Димо (1972), радиационный баланс центральной таёжно-лесной области Бореального пояса, куда входит Западно-Сибирская почвенная провинция, определяет формирование почв, относящихся по тепловому режиму к длительно-сезонно-промерзающему типу.

Тепловой режим характеризуется основными параметрами: коэффициентами теплопроводности ( $\lambda$ ) и температуропроводности ( $Kt$ ).

По величине теплового потока изучают процессы взаимодействия почвы с атмосферой и определяют величины тепловых потоков. Согласно Н.И.Михайловой (1954), суммарная величина теплового потока в почву за период вегетации составляет 8-13% радиационного баланса поверхности почвы, из которого до 40% приходится на нагрев и оттаивание мерзлой почвы. Известно, что минеральные почвы промерзают гораздо глубже чем торфяные, но оттаивают раньше. Исследованиями В.В.Романова (1961) было определено, что существенного различия в величинах теплового потока торфяных и минеральных почв нет. Следовательно, причина медленного оттаивания почв и последующего их прогревания не в глубине промерзания, а в тепловых свойствах самих почв. Благодаря высокой влагонасыщенности тепловые свойства торфяных почв определяются в основном температурными параметрами воды. В результате торфяные почвы теплоёмки и неглубоко промерзают.

При любой увлажненности теплопроводность торфяных почв значительно ниже теплопроводности минеральных почв (рис.10), что объясняется разной теплопроводной способностью и соотношением

составляющих компонентов этих почв. В торфяных почвах это растительное вещество, вода и воздух, в минеральных – грунт, вода и воздух. Теплопроводность торфа 0,20, грунта 2,43-0,38 Дж/(м·с·С°)

Неодинаковое влияние оказывает увеличение степени увлажнения минеральных и торфяных почв. Заполнение влагой от 60% до 100% всех пор увеличило коэффициент теплопроводности в минеральных почвах в 1,09 торфяных – в 2,5 раза (см. рис.10). Следовательно, при одинаковом потоке тепла в минеральные и торфяные почвы в торфяных почвах будет происходить нагревание, в основном поверхностного слоя, и градиент температуры будет существенно выше, чем в минеральных почвах. Причем в торфяных почвах разного ботанического состава степень нагрева также будет различаться.

Глубину проникновения температур характеризует коэффициент температуропроводности. Этот показатель 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 рис.10, показывают, что и по скорости прогревания торфяные почвы следует считать значительно холоднее по сравнению с минеральными. Причем влажность в широком диапазоне изменения не оказывает существенного влияния на улучшение тепловых свойств торфяных почв. Поэтому из агротехнических мер воздействия на тепловой режим торфяных почв наиболее значимым является пока внесение минерального грунта и особенно песка, теплопроводность которого в целом в 10 раз больше по сравнению с торфом. Этим приемом можно избежать поздних заморозков на торфяных почвах. Это явление объясняется плохой теплопроводностью, вследствие чего почвы прогреваются неглубоко в дневное время, а ночью быстро остывают. В результате при общих понижениях температур воздуха ночью в первую очередь возникает явление заморозка на торфяных почвах.

Вышеизложенное достаточно четко показывает, что тепловые свойства осушаемых торфяных почв определяются их генетическими свойствами



(растительный состав и структура сложения). Поэтому при проектировании мелиоративных систем на торфяниках следует, исходя из состава торфа, рекомендовать агрохимические приемы (пескование, мульчирующие материалы и др.), либо подбирать культуры, которые имеют свои температурные пределы, отвечающие температурному режиму торфяников.

Рассмотрим температурный режим в зимний и вегетационный периоды.

Промерзание и оттаивание. Пойменные торфяники промерзают от 50 до 107 см, при среднемноголетней глубине промерзания 73 см; начинают промерзать со II-III-ей декады октября, а дата раннего полного оттаивания наступает 15 июня, позднего – 25 июля. При этом оттаивание, в основном, происходит с поверхности, снизу пойменные торфяники оттаивают на 2-12см и реже до 20см. Ход промерзания-оттаивания пойменных торфяников представлен на рис.11. Наибольшая интенсивность промерзания отмечается в раннезимний период, что связано с малой мощностью снежного покрова в этот период.

На основании экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость для расчёта глубины промерзания пойменных торфяников:

$$H_n = \left( 14,69 + 36,78 \cdot \frac{\Sigma t}{1000} - 3,86 \frac{H_c}{10} - 3,86 \frac{\Sigma t}{1000} \cdot \frac{H_c}{10} \right) H_r^{0,068}$$

где  $H_n$  – глубина промерзания, см;

$\Sigma t$  – абсолютная величина суммы отрицательных среднесуточных температур воздуха на дату определения глубины промерзания, °С;

$H_c$  – средняя высота снегового покрова, см;

$H_r$  – глубина грунтовых вод перед промерзанием, м.

Предложенная зависимость существенна на 1%-ном уровне значимости ( $F = 6,16 > F_{01} = 1,26$ ) и применима при  $-2800^\circ < \Sigma t < -200^\circ$ ,  $2\text{см} < H_c < 40\text{ см}$ ,  $0,45\text{м} < H_r < 1,70\text{м}$ .

Для расчёта глубины оттаивания торфяников получена следующая зависимость:

$$H_o = 1,09 \cdot (\Sigma t)^{0,58},$$

где  $H_0$  – глубина оттаивания, см;

$\Sigma t$  – сумма положительных среднесуточных температур воздуха на дату определения глубины оттаивания, °С.

Предлагаемая зависимость существенна на 1%-ном уровне значимости,  $F=5,63 > F_{01}=1,55$ , она применима при  $200^\circ < \Sigma t < 2000^\circ$ . Проверка на независимом материале показала, что фактические значения глубины оттаивания отличаются от расчётных на 0,4-5,0 см.

По экспериментальным данным построены кривые обеспеченности максимальных глубин промерзания, величин оттаивания сверху (рис.12), дат оттаивания корнеобитаемого слоя и дат полного оттаивания (рис.13). Отсюда следует, что мероприятия по снегозадержанию, особенно в ранне-зимний период, может оказать благоприятное влияние на температурный режим корнеобитаемого слоя в ранне-весенний период.

Реальность этого явления ранее была подтверждена Н.В.Орловским (1974), который показал, что таким способом можно повысить температуру торфяников на  $3^\circ$ , что очень важно для сельскохозяйственного производства в условиях южно-таёжной подзоны. Насколько это существенно, следует также из работы В.А.Адаменко (1972), в которой отмечается, что при температуре почвы  $4^\circ$  на глубине 5 см (средняя глубина для семян) продолжительность периода посев-всходы составляет 26 дней, а при температуре почвы выше на  $1,2,3,4^\circ$  продолжительность его будет соответственно равна 20,18,16,14 дням.

Температурный режим пойменных торфяников за вегетационный период. Из метеорологических параметров тепловые условия сельскохозяйственных культур характеризуются суммой температур больше  $10^\circ$ , из почвенных – температурой почвы при прорастании семян, суммой температур больше  $10^\circ$  на глубине ризосферной зоны, глубиной проникновения экстремальных положительных температур.

Многие авторы отмечают, что естественная холодность сезоннопромерзающих почв Западной Сибири – главный лимитирующий фактор для сельскохозяйственных культур. Наши исследования показали, что

температурные условия в пойменных торфяниках на начало вегетации благоприятны только для многолетних трав, а минимальные (по температуре прорастания семян) – практически для всех районированных сортов сельскохозяйственных культур данной зоны.

За вегетационный период осушаемые торфяники прогреваются неглубоко и для них характерны невысокие средневегетационные температуры (табл.10).

Температура почв на глубине 20см поддерживается на уровне активных температур благоприятных для сельскохозяйственных культур только половину вегетационного периода. Необходимо также иметь в виду, что до таких температур осушаемые торфяники прогреваются примерно на месяц позднее минеральных почв, но сохраняют положительные повышенные температуры в течение сентября, что оказывает благоприятное влияние для сельскохозяйственных культур поздней уборки.

Нашими исследованиями определено, что температура пойменных торфяников лимитирует вегетацию сельскохозяйственных растений не наименьшими своими значениями, а верхними, когда в летний период корнеобитаемый слой прогревается до 40-50°C.

Таким образом, тепловые свойства пойменных торфяников определяются их генетическими свойствами. Они не глубоко прогреваются в дневное время, а ночью быстро остывают. Такие температурные условия благоприятны для многолетних трав и требуют агротехнических приёмов (пескование, глинование) при использовании торфяников под другие культуры.

### **4.1.3. Окислительно-восстановительный, микробиологический и агрохимический режимы**

По окислительно-восстановительным условиям в профиле осушаемых торфяников выделяются три зоны: окислительная — в слое 0-60 см; переходная — в слое 60-80см; восстановительная — глубже 80 см (рис.14).

Особого внимания заслуживает отмечаемая неоднородность ОВ-условий в профиле осушаемых торфяников, в окислительной зоне профиля которых образуются микрзоны анаэробных условий, в зоне восстановительных условий — окислительные (см. рис.14). Достоверность этого явления подтверждается информационно-логическим анализом.

Так, вероятность появления восстановительных условий в осушаемых торфяниках увеличивается с глубиной. В то время как вероятность проявления восстановительных условий в верхней части профиля крайне мала, что свидетельствует о преобладании в этом слое окислительных условий со значениями ОВП 401-600 мВ и переменного окислительных восстановительных условий с ОВП 201-406мВ.

Степень гидроморфности почв определяет их устойчивость к возникновению анаэробнозиса. Гидроморфные, а затем полугидроморфные почвы являются наименее буферными в отношении изменения ОВ-условий, наступление условий анаэробнозиса вызывает в них более сильное и продолжительное снижение ОВП. Последнее место в ряду гидроморфных почв по равновесию ОВ-режима принадлежит торфяникам.

Контрастность ОВ-условий в торфяниках подтверждается и низкой средней буферностью — 37 мВ/сут, причем первые 2 дня после затопления торфяника ОВП снижался на 75 мВ/сут. Снижение ОВП в торфяниках происходит до отрицательных значений. Динамика ОВП в разные годы по увлажнению приведена в табл.11.

Установлено, что при осуществлении эффективных приемов химизации и мелиорации, обеспечивающих получение наиболее высоких урожаев сельскохозяйственных культур, происходит активизация

биологических процессов в почве, выражающаяся в нарастании численности микроорганизмов, усилении активности почвенных ферментов, интенсивности дыхания и других показателей. Согласно В. А. Ковде (1989), для природных экосистем характерны следующие принципы нормального функционирования и развития: принцип комплексности — экологического соответствия среде обитания связанных между собой организмов; принцип самоуправления на основе постоянства притока энергии и последовательного полного потребления созданных новых веществ («природная безотходная технология»); принцип расширенного воспроизводства и накопления оптимальных элементов условий существования ведущих растительных популяций. Педосфера (почвенный покров) является биоэнергетической и биогеохимической системой, обладающей способностью саморазвития, самоуправления и создания режима, обеспечивающего существование растений, животных, микроорганизмов и воспроизводство биомассы живого вещества. Эти фундаментальные принципы существования, деятельности и продуктивности природных экологических систем должны учитываться человеком при антропогенном воздействии и, в частности, при мелиорации. Степень воздействия мероприятий на биологическое равновесие в педосфере будет различной в зависимости от их генетических особенностей. Поэтому особое значение приобретает изучение биологического фактора как значимого критерия оптимизации почвенных режимов в определённых почвенно-климатических условиях.

Наши исследования показывают, что при осушении пойменных торфяников качественно меняется состав микробоценоза. Так, например, увеличивается содержание актиномицетов, участвующих в более глубоком разложении органического вещества. Одновременно возрастает количество аммонификаторов, нитрификаторов, денитрификаторов, клостридий, восстановителей сульфатов, разрушителей клетчатки. Следует также заметить, что содержание микроорганизмов в торфяниках изменяется в зависимости от интенсивности осушения (табл.12).

Активность ферментов отражает те качественные изменения, которые происходят в процессе трансформации ОВ в пойменных торфяниках (табл.13).

По содержанию инвертазы пойменные торфяники относятся к среднеобеспеченным, а по уреазе – к низкой степени обогащённости этим ферментом. Отмечается высокая активность ферментов класса оксидоредуктаз в естественных (гидроморфных) условиях, которая усиливается при осушении. Таким образом, оксидоредуктазы являются пионерами в активизации минерализационных процессов на самых начальных стадиях осушения.

Сульфатредуктаза. Окислительно-восстановительная система сульфаты ↔ сульфиды играет большую роль в процессах превращения веществ. Реакция идет в две стадии. На первой стадии сульфаты восстанавливаются до сульфитов с участием фермента сульфатредуктазы, а на второй – до сульфидов (фермент сульфитредуктаза).

Активность сульфатредуктазы по профилю пойменных торфяников отличается крайней неравномерностью. С глубиной отмечается увеличение активности этого фермента. Надо полагать, что в нижней части профиля происходит и вторая стадия восстановления сульфатов. Подтверждением этому служит запах сероводорода – конечного продукта в реакции восстановления сульфатов, который появляется с глубины 50-60см.

Нитрат- и нитритредуктазы. Вопрос о превращениях азотных соединений в природных экосистемах до сих пор остаётся до конца не выясненным. В большей степени изучена микробиологическая сторона этих превращений. Денитрификаторы восстанавливают нитраты до газообразных форм азота и аммиака. При этом образуется промежуточный продукт – нитриты. Диссимиляционные нитрат- и нитритредуктазы также восстанавливают нитраты до газообразных окислов азота. Зная условия протекания того или иного процесса, можно уменьшить газообразные потери азота.

В пойменных торфяниках активность нитрат- и нитритредуктаз довольно высокая, а в сочетании с высоким содержанием аммонийного азота предполагает активное протекание ассимиляционной нитратредукции. Активность данных ферментов увеличивается вниз по профилю.

Пероксидазы и полифенолоксидазы. Эти ферменты играют важную роль в процессах гумификации. Они участвуют в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса.

В осушаемых пойменных торфяниках активность пероксидазы и полифенолоксидазы невысокая. По-видимому, органическое вещество торфов не является легкодоступным для его превращений микрофлорой и продуктами ее метаболизма. Интересно отметить возрастание активности пероксидазы в нижней части профиля. Возможно, здесь накапливаются более доступные формы органических веществ.

Результаты наших исследований по биохимической активности отдельных ферментов в осушенных и неосушенных пойменных торфяниках (табл.14) показывают, что в неосушенных торфяниках каталазная и уреазная активность выше, чем в осушенных, как по средним значениям, так и по экстремальным. В осушаемых торфяниках значительно увеличивается активность инвертазы. Следовательно, продолжительность периода осушения не достаточна, чтобы резко увеличилась уреазная и особенно каталазная активности. Для увеличения протеазной активности требуется ещё более длительный период осушения.

Микрофлора, влажность почв и ОВ условия (каждый в отдельности фактор) не могут быть абсолютным индикатором на экологические условия в природных экосистемах. Так Р.С.Кутузова (1979) предполагает, что для аммонифицирующих бактерий влажность определяет лишь уровень, на котором осуществляется изменение количества микроорганизмов. Вместе с тем физиологическая группа аммонифицирующих бактерий может быть значимым диагностическим показателем степени гидроморфности почв, а в зоне длительно сезоннопромерзающих почв гумидной зоны — показателем оптимизации режимов почв. Это подтверждается высоким пулом

аммонифицирующих микроорганизмов в почвах этой зоны, что указывается в многочисленных работах почвоведов и микробиологов. В наших исследованиях на пойменных торфяниках, период осушения которых составляет 12 лет, также показано, что, несмотря на создавшиеся в торфяниках анаэробно-аэробные условия в них преобладает аммонифицирующая микрофлора. В то же время классическое представление эффективности осушения основывается на активизации нитрифицирующей микрофлоры и, соответственно, формировании нитратного типа азотного режима. В осушаемых западно-сибирских торфяниках процесс нитрификации получает подчиненное значение. В то же время, как было показано выше, нитрификация в пойменных торфяниках может протекать спорадически и в условиях затопления. При этом быстро происходящая ассимиляционная и диссимиляционная денитрификация и вынос нитратного азота мигрирующим потоком воды за пределы зоны корнеобитания определяет отсутствие нитратного азота в самих торфяниках. Следовательно, зона влияния биологического фактора распространяется за пределы самого торфяника, и система взаимодействия усложняется.

В пойменных торфяниках направление биохимических процессов характеризуется замедленным темпом и определяется окислительно-восстановительным режимом. В то же время, оптимизация биологических процессов заключается в поддержании условий постепенной минерализации органического вещества торфов.

Именно регулирование биологической системы в торфяниках имеет большое значение для сезонной перестройки процессов и для поддержания гомеостаза этой биосистемы при резком изменении внешних факторов. Причём в изменяющихся внешних условиях необходимо не просто поддерживать все факторы в оптимальном режиме, но и обеспечить их изменение по оптимальной траектории. Согласно нашим исследованиям, таким контролирующим параметром пути преобразования мелиорируемых торфяников на каждый момент времени могут быть состояние почвенного микробоценоза и содержание ферментов.



Элементы питания. В условиях осушения в пойменных торфяниках, как отмечалось выше, усиливается биологическая активность, что в свою очередь влияет на подвижность элементов питания.

В исследуемых пойменных торфяниках основная часть азота (до 98%) сосредоточена в недоступной для растений форме – в виде органических соединений (табл.15).

Следует отметить отличие западно-сибирских пойменных торфяников от европейских аналогов, заключающееся в том, что количество легкогидролизуемого азота в них значительно выше. Объясняется это особенностью состава органических веществ (ОВ) торфов Сибири, в составе которых преобладают органические соединения типа фульвокислот и устойчивость соединений азота к гидролизу низка.

Минеральный азот представлен в основном в аммонийной форме (табл.16). Наиболее оптимальные условия для процесса аммонификации не отличаются на слабо осушенном торфянике. Результаты информационного анализа показали, что процесс аммонификации усиливается в интервале влажности пойменных торфяников 80-90% полной влагоёмкости. Нитратный азот присутствует редко. Так из трёх лет исследований только в один год в слое 0-40см на интенсивно осушенном торфянике (глубина закладки дрен 1,3м) были определены запасы нитратного азота от 0 до 27кг/га в слое 0-20см и от 4,7 до 25,2кг/га в слое 20-40см. На слабо осушенном и неосушенном торфяниках нитраты отсутствовали. Таким образом, оптимизация подвижного азота возможна путём создания в осушаемых пойменных торфяниках умеренно окислительных условий и влажности не менее 70% полной влагоёмкости.

Осушение пойменных торфяников увеличивает подвижность фосфора. В верхних слоях осушаемых пойменных торфяников (слой 0-40см) накапливается до 68% подвижного фосфора от валовых его запасов (см. табл.16).

Осушаемые пойменные торфяники содержат в 2,5 раза больше валового калия по сравнению с неосушаемыми, что объясняется большей их

зольностью и минерализацией подземных растительных остатков. Однако доля обменного калия от его валового содержания невелика (11-32%), что отличает пойменные торфяники от других торфяников, в которых калий в обменной форме достигает 60-80%.

Из вышеизложенного следует, что в осушаемых пойменных торфяниках отмечается среднее и высокое содержание элементов питания. Однако проведённые исследования по влиянию удобрений на урожай многолетних трав показали, что в пойменных торфяниках лимитирующим фактором выступают элементы питания – калий и азот.

#### 4.1.4. Дренажный сток

Эффективность действия дренажа в ранневесенний период прежде всего определяется особенностями болот Западной Сибири, а именно: большой глубиной промерзания и поздним оттаиванием почв, фильтрационными характеристиками мёрзлых почвогрунтов. Основными факторами, препятствующими эффективной работе дренажа, считаются опасность деформации дренажных линий в результате промерзания и оттаивания, опасность разрушения гончарных трубок под воздействием мороза, опасность возникновения ледяных пробок в дренах и коллекторах, неспособность дренажа влиять на водный режим почв весной из-за позднего их оттаивания и низкой фильтрационной способности мёрзлых почвогрунтов.

Наши наблюдения показали, что гончарные трубы после многих лет работы находятся в технически исправном состоянии, на них не обнаружено трещин, разломов и других повреждений, не было замечено деформаций дренажных линий, дренаж не заилён. Вскрытие дренажа показало отсутствие ледяных пробок в дренах и коллекторах.

Весенние талые воды проникают в нижние подмерзлотные слои и к дренам разными путями: через возможные проталины в мёрзлых почвах, занесённые снегом незамерзающие микропонижения, через образовавшиеся в кровле мерзлоты воронки поглощения, приуроченные к участкам со слабым промерзанием почвогрунтов, через быстро протаивающие ходы, щели, кротовины и трещины как в дренажной засыпке, так и в прилегающей к ней области, путём фильтрации через мёрзлые почвогрунты (Бишоф, Жегалев, 1981; Дальков, Безгубенко, 1979; Русинов, 1975 и др.).

Водопроницаемость мёрзлых торфов обуславливается наличием различных ходов, свободных от воды пор и некоторого количества незамерзающей при отрицательной температуре воды. Фильтрация происходит следующим образом. Вода, поступающая по свободным порам в мёрзлый грунт, охлаждается до  $0^{\circ}$ , и часть её начинает замерзать. При этом происходит нагревание мёрзлого торфа за счёт выделения скрытой теплоты

льдообразования и частично за счёт тепла, заключённого в талой воде, до отрицательных температур, близких к  $0^{\circ}$ . Вода в таких условиях, называемых “нулевой завесой”, находится одновременно в жидком и твёрдом состоянии. Так как за счёт запаса холода в мёрзлых грунтах замерзает только часть поступившей воды, оставшаяся часть проникает все глубже и фильтруется через всю мёрзлую толщу, достигая талых горизонтов. “Нулевая завеса” при этом постепенно перемещается от поверхности земли вглубь почвенного профиля. Величина коэффициента фильтрации мёрзлого торфа находится в зависимости от продолжительности фильтрации, и уже через несколько суток после начала фильтрации водопроницаемость мёрзлого торфа приближается к водопроницаемости талого, хотя торф по-прежнему остаётся в мёрзлом состоянии. Этим самым обеспечивается приточность воды к дренам в ранневесенний период.

Дренажные системы на пойменных торфяниках начинают отводить инфильтрационно-грунтовые воды с первых дней снеготаяния. На польдерной системе вода в каналах длительное время подтапливает устья закрытых коллекторов, из-за чего не удаётся измерить дренажный сток до начала мая. Максимальный из замеренных модуль дренажного стока составляет 0,116-0,118 л/(сга). Малая величина наблюдаемого стока объясняется поздним началом замеров, когда максимальный сток уже прошёл, наличие дамбы обвалования и ограждающей осушительной сети, препятствующих поступлению на осушаемый массив внешних паводковых и склоновых вод, и, наконец, тем обстоятельством, что талые снеговые воды расходуются в основном на пополнение влагозапасов в торфянике.

Летом, во время выпадения дождей, модули дренажного стока достигают значений 0,118-0,190 л/(сга). В бездождные периоды модуль стока уменьшается до 0,000026 л/(сга), либо сток на некоторое время прекращается, а затем возобновляется вновь. Заканчивается дренажный сток в III декаде октября.

Средняя величина модулей дренажного стока составляет в весенний период - 0,0057-0,0571 л/(сга), летом – 0,0-0,0361 л/(сга), осенью – 0,00004-0,0176 л/(сга).

Суммарный замеренный объём дренажного стока равен 3,4-28,6мм. На величине дренажного стока кроме факторов, перечисленных выше, сказались отсутствие “вековых” запасов болотных вод, отведённых в период предварительного осушения открытыми каналами, значительное испарение в тёплый период года, превышающее атмосферные осадки и регулирующее влияние зоны аэрации, определяемое большой аккумулирующей ёмкостью осушаемых торфяников. Сток весеннего периода составляет 11,8-65,0% (в среднем 43,5%), летнего периода – 17,7-58,7% (в среднем 36,4%), осенний сток – 4,1-42,6% (в среднем 20,1%) объёма годового стока. От 19,2% до 94,1% (в среднем 69,3%) годового дренажного стока проходит до полного оттаивания торфяников.

#### 4.1.5. Химический состав дренажного стока

Известно, что гидрохимический состав подземных вод формируется посредством фильтрации метеогенных и почвенных грунтовых или дренажных вод. Территория мелиорируемого земледелия является зоной активного воздействия на состав подземных вод. Согласно С.Л.Шварцеву (1978), полная минерализация подземных вод складывается из 30-35% солей атмосферного происхождения, 35-40% анионов гидрогенно-биогенной природы и 25-35% катионов, заимствованных из горных пород. Компонентный и количественный состав элементов, поступающих с жидкими и твёрдыми атмосферными осадками в пределах Обь-Чулымского междуречья приведён в табл.17,18.

Вынос химических элементов из осушаемых торфяников происходит вследствие усиления интенсивности минерализации ОВ. Максимальное содержание макрокомпонентов в дренажном стоке наблюдается весной. По величине выноса в пойменных торфяниках компоненты дренажного стока располагаются в ряд:

катионы:  $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$ ,

анионы:  $\text{SO}_4^{--} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ .

В таблицах 19 и 20 приведены расчёты прогнозного выноса элементов стоком с двух объектов осушения открытыми каналами. При расчёте были использованы результаты собственных исследований по химическому составу дренажного стока с разных объектов и расчётные значения стока заданной обеспеченности для каналов, имеющих водосборную площадь до 1000 га.

Большое влияние на величину выноса химических элементов оказывает внесение на мелиорируемые пойменные торфяники удобрений. С увеличением дозы удобрений вынос химических элементов возрастает (табл.21). Увеличение концентрации элементов в лизиметрических водах происходит в следующем порядке:

$\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$ ,



На вынос отдельных элементов с дренажными водами оказывают влияние и виды внесения удобрений. Так при внесении из азотных удобрений мочевины, сернокислого аммония и аммиачной селитры в дозе  $\text{N}_{135}$  ( $\text{N}_{135}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ ) вынос нитратного азота отмечался в вариантах соответственно 31,4 кг/га, 24,4 и 40,0 кг/га, от внесённого с удобрениями азота это составило 8,1, 5,1 и 10,5% . Внесение удобрений оказывает влияние на обменные процессы в торфяниках, в результате чего вынос магния на вариантах с сернокислым аммонием, аммиачной селитрой и мочевиной составил соответственно 24,2, 2 и 10,2 кг/га. Подобная же закономерность отмечается и по выносу кальция. И если при внесении фосфорных удобрений в дозе  $\text{P}_{60}$  (двойной суперфосфат) в почвы поступает 10кг кальция, то на варианте с  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  выносятся 69, с  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 27 кг/га кальция. На варианте с  $\text{CO}(\text{NH}_4)_2$  выноса кальция не происходит.

Влияние удобрений на обменные процессы в торфяниках имеет сложный характер. В основном они описываются разнообразными параболическими зависимостями. Отсутствие прямолинейной связи показывает, что в этой зависимости существенную роль играют и другие физико-химические и биологические факторы.

#### Влияние осушения пойменных торфяников на подземные воды.

Осушение вызвало снижение уровней подземных вод на пойме на 50-60см, на террасе — до 170см. Изменился их гидрохимический состав. Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  в водах первой надпойменной террасы составило 40-80мг/л, поймы — 40-90мг/л. Если сравнить эти показатели с содержанием  $\text{Ca}^{2+}$  в подземных водах первой надпойменной террасы за пределами мелиоративного участка, то можно констатировать увеличение содержания  $\text{Ca}^{2+}$  на 20мг/л в подземных водах в пределах мелиоративного участка через 10 лет после начала осушения. Среднее содержание  $\text{NH}_4^+$  в отложениях подземных вод поймы и надпойменной террасы составляет соответственно 2-2,5 и 0,6-1,1мг/л с максимальным содержанием соответственно 21,4 и 13,6мг/л. Такое же содержание  $\text{NH}_4^+$  отмечается в водах за пределами мелиоративного участка.

Среднее содержание  $\text{HCO}_3^-$  в водах тех и других отложений составляет 150-200 мг/л. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в водах первой надпойменной террасы изменяется от 6 до 23 мг/л с преобладанием 6-9 мг/л. Среднее содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в подземных водах первой надпойменной террасы за пределами осушаемого участка составляет 3-6 мг/л. Концентрация  $\text{NO}_3^-$  в водах изменяется в пределах 1-2 мг/л.

Таким образом, на основании полученных результатов отмечается влияние осушения пойменных торфяников на химический состав подземных вод, которое особенно четко проявляется через 10-летний период. Прежде всего это изменение намечается в динамике  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Следует подчеркнуть, что полученные данные — это результат 12-летнего осушения, из которого на интенсивное осушение (дренажная сеть) приходится последние 7 лет, причем объект осушения используется под культурный сенокос. Таким образом, интенсивность дренирования и направление сельскохозяйственного использования не способствуют увеличению выноса элементов из пойменных торфяников.

Расчёт баланса содержания элементов в системе осадки-почвы-подземные воды показывает, что основной вынос элементов направлен в подземные воды. Следовательно, создание оборотных систем водоснабжения при двустороннем регулировании водного режима торфяников позволит возвратить в почву от 1 до 25% от общего количества вынесенных элементов. Отсюда также следует, что возможным фактором уменьшения выноса элементов из почвы может быть оптимизация режимов с целью сохранения баланса веществ, близкого к генетически обусловленному.

И, наконец, представляет интерес рассмотреть влияние поступления дренажного стока с осушаемых торфяников в водоприемник с целью прогноза гидрохимического состояния реки. В нашем конкретном случае водоприемником является р. Кия. Схема исследований включала в себя следующие элементы: определение гидрохимического состава вод р. Кии; выявление площадей пойменных торфяников, пригодных для сельскохозяйственного использования на основе карты мелиоративного



фонда, почвенно-мелиоративной и топографических карт; привязки сбросных створов выявленных площадей в плане; выбора способа осушения; определения показателей стока с осушаемых торфяников для периода весеннего половодья, когда отмечается наибольший вынос элементов. Кроме того, были определены гидрологические характеристики реки: максимальные уровни заданной обеспеченности, расчетные зависимости расхода, средней скорости, глубины и ширины реки, расчетные гидрографы половодья заданной обеспеченности, уровни воды в реке, для которых проводятся расчеты разбавления. Расчет разбавления дренажных вод делали по методикам Фролова—Родзиллера, Яковлева и др. (1976) и Михайлова (1978). Результаты показали, что из всего фонда пригодных к освоению пойменных торфяников р. Кии (в пределах Томской области) 3132 га требуют орошения, 2298 га — осушения открытой сетью, 9199 га — двустороннего регулирования. Строительство соответствующих мелиоративных систем определяет образование 20 створов сброса вод с мелиорируемой территории. 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  $\text{HCO}_3^-$ , 3,2% — по  $\text{NH}_4^+$ , 8,4% — по общему железу. Содержание же катионов кальция, магния и анионов сульфатов и нитратов в реке увеличивается. Максимальное увеличение содержания  $\text{Ca}^{++}$  от первоначального содержания в реке составит 21,8%,  $\text{Mg}^{++}$  — 22,3%,  $\text{SO}_4^-$  — 70,8%,  $\text{NO}_3$  — 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 не нарушит гидрохимического режима реки.

## **4.2. Открытые каналы**

### **4.2.1. Водный режим**

Результаты наблюдений за режимом уровней грунтовых вод торфяников, осушаемых редкой сетью каналов (расстояние между каналами 400м), сгруппированы по принципу удалённости наблюдательных скважин от осушителей (5, 100, 200м).

В зимние периоды грунтовые воды опускаются с 65-125см до 130-215см от поверхности земли, достигая наибольших глубин в марте-начале апреля. Эти величины превышают глубину каналов, что обусловлено дренирующим действием реки и миграцией влаги в верхние промерзающие горизонты торфяников.

В результате весеннего снеготаяния грунтовые воды поднимаются на 70-142см с интенсивностью 1,7-11,8см/сут. По окончании снеготаяния они устанавливаются на глубине 22-116см от поверхности земли.

Второй подъём грунтовых вод вызывается весенним половодьем и наблюдается в мае-июне. Высота подъёма составляет 7-71см, интенсивность подъёма – 0,6-5,9см/сут. При затоплении поймы грунтовые воды устанавливаются на глубине 0-39см, при незатоплении – на глубине 26-100см.

Со спадом уровней воды в водоприёмнике начинается снижение УГВ, на ход которого большое влияние оказывают гидрологические условия. В условиях незатапливаемой поймы скорость снижения УГВ составляет 0,7-2,1см/сут, грунтовые воды опускаются до 40см не позднее 24 мая-20 июня, до 60см – 15 июня-8 августа, до 80см – 12 июня-15 августа (табл.22). Снижение грунтовых вод на осушаемых открытыми каналами пойменных торфяниках происходит на 25-60 дней позднее, чем на участке осушения закрытым дренажем.

В условиях затопливаемой поймы грунтовые воды, опускаясь со скоростью 1,2-4,6см/сут, снижаются до 40см 29 июня-24 июля, до 60см – 11

июля-30 августа, до 80см – 22 июля-19 сентября. В единичном случае (в год с высоким половодьем) грунтовые воды, снижаясь со скоростью 0,6-0,9см/сут, достигли глубины 40см лишь 21 июля-1 сентября, глубины 60см – 2 июля-27 августа, глубины 80см – 2 августа, причём только на расстоянии 5м от осушителей, УГВ на расстоянии 100м от осушителей не достигли глубины 80см, а посередине осушительной карты – 60см. Запаздывание в сроках снижения УГВ в условиях затапливаемой поймы по сравнению с участком осушения закрытым дренажем составляет 65-95 дней.

Продолжительность подтопления корнеобитаемого 0-30см слоя торфяников в условиях незатапливаемой поймы составляет 0,0-13,4% длительности вегетационного периода, в условиях затапливаемой поймы – 19,0-51,6%.

Представление о динамике и соотношении уровней воды в р. Чулым и грунтовых вод на участке осушения в условиях затапливаемой и незатапливаемой поймы даёт рис.15.

Заметное влияние на режим УГВ оказывают осадки. Летом, во время дождей, грунтовые воды поднимаются на 5-8см с интенсивностью 0,9-11,0см/сут, осенью – на 3-40см со скоростью 0,2-3,3см/сут.

При интенсивной работе осушительной системы, что имеет место в годы с неглубоким залеганием грунтовых вод, прослеживается чёткая зависимость УГВ от расположения наблюдательных скважин (табл.23). Осушительный эффект достигается путём сработки депрессионной поверхности грунтовых вод, что отображено на рис.16.

При менее интенсивной работе осушительной системы вследствие более глубокого залегания грунтовых вод зависимость УГВ от расположения скважин прослеживается не так чётко, депрессионные кривые выражены слабо либо не выражены совсем (см. рис.16), а осушительный эффект достигается, в основном, в результате опускания свободной поверхности грунтовых вод параллельно поверхности земли.

Различия в гидрологических и метеорологических характеристиках обусловили разницу в УГВ по годам. В годы, когда участок затапливался

речными водами, и в год с самыми большими осадками вегетационного периода – 312,7мм (26,2% обеспеченности) средняя за вегетацию глубина грунтовых вод посредине осушительной карты изменялась в пределах 31-64см. В годы, когда участок не затоплялся, а атмосферные осадки вегетационного периода равны 194,2-256,2мм (92,8-51,0% обеспеченности), средние за вегетацию глубины УГВ составили 75-104см.

Построенный по экспериментальным данным график зависимости урожая сена горохо-овсяной смеси от УГВ (рис.17) показал, что максимальный урожай получен при УГВ=90-100см, что совпадает с оптимальной глубиной грунтовых вод во втором укосе на участке осушения закрытым дренажем. Это даёт нам все основания в дальнейшем принимать одни и те же оптимальные глубины грунтовых вод при осушении закрытым дренажем и открытыми каналами.

Из данных табл. 23 видно, что глубина УГВ была оптимальной для развития многолетних трав только в год с самым низким половодьем, все остальные годы она значительно меньше оптимальной величины. Таким образом, редкая сеть каналов небольшой глубины (1,0-1,2м) не даёт требуемого осушительного эффекта.

На осушаемом пойменном торфянике (пойма Оби) с расстоянием между каналами 60, 75, 90, 120, 150м грунтовые воды в зимний период опускаются до 107-165см от поверхности земли, достигая наибольших глубин в марте-начале апреля.

Снеготаяние и наступающее следом за ним весеннее половодье приводят к быстрому подъёму грунтовых вод. При затоплении поймы грунтовые воды поднимаются до поверхности, в случае незатопления грунтовые воды устанавливаются на глубине 0-43см. Высота подъёма грунтовых вод составляет 104-154см, интенсивность подъёма – 2,0-7,2см/сут.

Со спадом уровней воды в р. Оби начинается снижение УГВ, на ход которого оказывает влияние режим затопления участка и густота осушительной сети (табл.24).

Снижение грунтовых вод в условиях незатапливаемой поймы происходит в те же сроки, что и на участке осушения закрытым дренажем, либо с незначительным запаздыванием (до 15-20 дней), в условиях затапливаемой поймы запаздывание в сроках снижения УГВ возрастает до 100-120 дней.

Представление о динамике и соотношении уровней воды в Оби и УГВ на участке осушения в условиях затапливаемой и незатапливаемой поймы даёт рис.18.

Подтопление корнеобитаемого 0-30см слоя торфяников в условиях незатапливаемой поймы наблюдается на протяжении 0,0-8,1% продолжительности вегетационного периода, при затоплении – 52,2-91,8%.

Атмосферные осадки осенне-летнего периода вызывают подъём грунтовых вод на 1-56см с интенсивностью 0,2-7,0см/сут. Осушительная система интенсивно работает на протяжении всего вегетационного периода, кривые депрессии уровней грунтовых вод ярко выражены на всех вариантах расстояний между каналами (рис.19).

Осушающее действие каналов на вариантах с межканальным расстоянием 60-90м наблюдается в пределах всей осушаемой карты, т.е. на расстоянии 30-45м от осушителя. На вариантах с межканальным расстоянием 120м и 150м осушительный эффект чаще всего проявляется на расстоянии 24-30м от осушителя, и очень редко – в пределах всей межканальной полосы, т.е. 60-75м от осушителя.

При продолжительном затоплении поймы грунтовые воды к началу возобновления вегетации многолетних трав поднимаются к поверхности, и к моменту проведения первого укоса находятся на глубине 4-22см, ко второму укосу – 9-63см (табл.25), что оказывает отрицательное влияние на развитие трав и не даёт возможности скашивания их механизированным способом.

При кратковременном затоплении поймы УГВ к началу вегетации находятся на глубине 0-26см, к первому укосу – на глубине 31-79см, ко второму укосу – на глубине 103-159см, механизированное проведение

первого укоса возможно при расстоянии между осушителями 60-90м, второго укоса – на всех вариантах опыта.

В условиях незатапливаемой поймы глубина УГВ к началу вегетации трав составляет 20-49см, что благоприятно для их развития. К моменту проведения первого укоса грунтовые воды находятся на глубине 71-141см, второго укоса – 110-142см, что обеспечивает возможность своевременного проведения сеноуборочных работ.

Различия в гидрологических и метеорологических характеристиках обуславливают значительную разницу в УГВ по годам. Так, при затоплении участка на 37-47 суток и выпадении обильных осадков (316,0мм за V-IX месяцы), глубина грунтовых вод оказалась минимальной за период наблюдений – 8-36см. При затоплении участка на 3-4 суток и осадках тёплого периода 176,8мм средний за вегетацию УГВ оказался равным 48-92см. При не затоплении участка и минимальных осадках (172,3мм за V-IX месяцы) УГВ максимален за период наблюдений – 78-122см (табл.26).

В целом за период исследований глубина грунтовых вод оптимальна во втором укосе на вариантах с расстоянием между каналами 60м и 75м. На остальных вариантах осушения во втором укосе, а также на всех вариантах опыта в первом укосе и за вегетационный период в целом УГВ меньше оптимальных значений. Более благоприятный режим УГВ для возделывания многолетних трав складывается при расстоянии между осушителями 60-90м.

На участке осушения редкой сетью каналов происходит значительное увеличение влагозапасов в торфяниках в течение зимнего периода. Запасы влаги в слое 0-50см возрастают на 54,8-144,9мм, в слое 50-100см – на 7,0-78,6мм, в метровом слое – на 56,2-186,8мм. Влагонакопление находится в прямой зависимости от глубины промерзания и УГВ перед промерзанием (рис.20).

Следующее пополнение влагозапасов происходит во время снеготаяния, но в меньшей степени. Запасы влаги в слое 0-50см возрастают на 6,2-48,3мм, в слое 50-100см – на 0,9-74,9мм, в метровом слое – на 7,1-91,0мм. На пополнение почвенных влагозапасов расходуется 32,4-76,7%

талых снеговых вод, а 67,6-23,3% идёт на образование поверхностного, дренажного стока и пополнение запасов грунтовых вод.

На протяжении всех лет исследований влажность торфяников не опускалась до критических пределов, минимальная влажность слоя 0-30см – 62-67% ПВ (табл.27).

Построенная по экспериментальным данным зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от влажности корнеобитаемого слоя торфяников (рис.21) показала, что наибольший урожай сена горохо-овсяной смеси получен при влажности 70-76% ПВ, сена многолетних трав и озимой ржи – при влажности 78-85% ПВ. Таким образом, и на участке осушения пойменных торфяников редкой сетью открытых каналов экспериментально подтверждено предположение о том, что оптимальная для развития трав влажность составляет 70-85% ПВ.

Влажность слоя 0-30см поддерживается в оптимальных пределах (70-85% ПВ) на протяжении 41,8-75,8% продолжительности вегетационного периода, слоя 0-50см – 8,5-70,6%, слоя 50-100см – 0,0-15,7%, метрового слоя – 0,0-36,6% длительности периода вегетации. Избыточная влажность (свыше 85% ПВ) наблюдается в слое 0-30см на протяжении 24,2-58,2%, в слое 0-50см – 29,4-81,5%, в слое 50-100см – 84,3-100%, в слое 0-100см – 63,4-100% продолжительности вегетационного периода. Влажность менее 60% ПВ не наблюдалась, влажность 60-70% ПВ отмечалась в слое 0-30см только один год на протяжении 5,2% продолжительности вегетационного периода. Таким образом, верхний полуметровый слой переувлажнён в среднем больше половины вегетационного периода, что свидетельствует о недостаточном осушающем действии редкой сети открытых каналов.

На участке осушения торфяников густой сетью каналов, в отличие от других участков осушения, зимнее влагонакопление наблюдается не всегда. Если осенью, перед промерзанием, грунтовые воды находятся близко к поверхности (0-28см), увеличения запасов влаги в торфяниках в процессе промерзания не происходит, наблюдается лишь перераспределение влаги из нижних слоёв в верхние. Если осенью грунтовые воды находятся на

значительной глубине (106-141см), влагозапасы в слое 0-50см возрастают на 30,9-58,0мм, а в слое 50-100см уменьшаются на 2,1-24,0мм за счёт миграции в верхние слои.

В формировании режима влажности торфяников с густой сетью каналов в весенний период имеется следующая особенность: снеготаяние на нём заканчивается позже, а высокие уровни воды в водоприёмнике и затопление участка водами весеннего половодья наблюдается раньше, чем на других объектах.

При затоплении поймы речными водами торфяники насыщаются водой до полной влагоёмкости. В случае незатапливаемой поймы грунтовые воды в этот период поднимаются до 20-38см от поверхности, влагозапасы в слое 0-50см возрастают на 12,5-36,6мм, в слое 50-100см – на 94,1-151,4мм, в слое 0-100см – на 130,7-163,9мм.

В год с высоким половодьем торфяники с густой сетью каналов были затоплены водами р.Оби до середины июня. В течение вегетационного периода выпало максимальное количество осадков (316,0мм), что обусловило наибольшую влажность торфяников (рис.22). В год с самым низким половодьем участок не затапливался, атмосферные осадки вегетационного периода были минимальными (172,3мм), что и определило наименьшие влагозапасы торфяников. Но и в самые засушливые периоды влажность корнеобитаемого слоя не снижалась за пределы 52-57% ПВ (табл.28).

Наиболее благоприятный режим влажности торфяников складывается при расстояниях между осушителями 60, 75, 90м. Увеличение межканального расстояния до 120-150м приводит к длительному (более половины вегетационного периода) переувлажнению почв.

Полученные экспериментально запасы влаги, суммарное испарение на участке осушения редкой сетью каналов, а также атмосферные осадки были использованы для определения водообмена 0-50см слоя торфяников с нижележащими горизонтами (табл.29).

В водообмене 0-50см слоя торфяников с нижележащими горизонтами в условиях осушения редкой сетью открытых каналов преобладает



капиллярное подпитывание. Во влагообмене за месяц инфильтрация отмечается только однажды, в сентябре (-23,2мм), во все остальные месяцы преобладает подпитывание, влагообмен изменяется в пределах 11,2-62,8мм. В целом за июнь-сентябрь подпитывание превышает инфильтрацию на 52,1-207,3мм (см. табл.29).

#### **4.2.2. Дренажный сток**

Сток из каналов осушительной системы начинается в апреле-мае и заканчивается в маловодные годы в конце июля-начале августа, в многоводные годы – в конце августа. В период весеннего половодья наблюдается прекращение стока вследствие затопления участка либо возникновения подпора воды в каналах. Прекращается сток и летом в бездождные периоды (июль-август).

Максимальный из замеренных модуль стока в период весеннего половодья составляет 0,017-1,80 л/с/га, максимальный суточный объём стока – 0,2-15,6мм, суммарный объём стока – 2,2-109,8мм. Максимальный модуль стока в летнепаводковый период составляет 0,005-0,289 л/с/га, максимальный суточный объём стока – 0,1-0,7мм, суммарный объём стока – 0,6-5,4мм.

Величина годового стока изменяется в пределах 2,4-110,4мм. Сток весеннего периода составляет 13,2-89,4%, в среднем 74,6%, сток летнего периода – 10,6-86,8%, в среднем 25,4% от объёма годового стока.

Обработка полученных экспериментальных данных позволила установить расчётные значения стока обеспеченностью 1-25% для каналов, имеющих водосборную площадь до 1000га (табл.30).

### ***4.3. Водопотребление многолетних трав***

На участке осушения редкой сетью открытых каналов (расстояние между каналами 400м) произрастают луговые многолетние травы, представленные мятликом луговым, полевицей белой и овсяницей луговой. Минимальное значение водопотребления за декаду наблюдается в сентябре и составляет 4,8мм, максимальное значение отмечается в июне и составляет 57,2мм. В среднем за период наблюдений декадные значения испарения изменяются в пределах 12,6-47,1мм. Минимальное водопотребление за месяц (21,8мм) наблюдается в сентябре, максимальное (158,5мм) – в июле, в среднем за период наблюдений испарение за месяц изменяется в пределах 61,7-128,2мм. Водопотребление за VI-IX месяцы изменяется от 274,9мм до 498,0мм, составляя в среднем 401,3мм (табл.31).

На участке осушения гончарным дренажем произрастают сеяные многолетние травы, представленные травосмесью, состоящей из овсяницы луговой, тимофеевки луговой, костреца безостого, клевера красного. Декадное водопотребление изменяется в пределах 5,5-56,8мм, в среднем 8,6-37,1мм, водопотребление за месяц – 27,0-136,5мм, в среднем 34,6-98,9мм, за VI-IX месяцы – 179,8-313,2мм (см. табл.31). Среднее за период наблюдений водопотребление составило 272,3мм. Водопотребление сеяных трав намного меньше (в среднем за VI-IX месяцы на 129,0мм), чем водопотребление луговых трав.

Максимальное водопотребление луговых трав (в среднем 32,3% от суммарного) приходится на июль, сеяных трав (34,7% от суммарного) – на июнь, минимальное водопотребление в том и другом случае (14,3-13,0% от суммарного) приходится на сентябрь.

Между декадными значениями испарения (E), суммы среднесуточных дефицитов упругости водяного пара ( $\Sigma d$ ) и суммы среднесуточных температур воздуха ( $\Sigma t$ ) имеется зависимость, существенная на 1%-ном уровне значимости.

На основании этих зависимостей были построены биологические кривые водопотребления (рис.23) и получены значения биоклиматических коэффициентов водопотребления (табл.32). Из последней следует, что коэффициенты  $K_t$  варьируют гораздо меньше, чем  $K_d$  и их использование в расчетах водопотребления, на наш взгляд, более обоснованно.

## **Глава 5. Экономическая эффективность и состоятельность освоения пойменных торфяников**

Экономическая эффективность осушения торфяных почв в Сибири открытыми каналами приведена в табл.33, закрытым материальным дренажем – в табл.34.

Анализ экономической эффективности внесения минеральных удобрений на пойменных торфяниках показал, что наиболее выгодно внесение азотных удобрений в дозе 120-180 кг д.в./га, фосфорных – 60 кг д.в./га, калийных – 120 кг д.в./га (табл. 35).

Внесение удобрений будет способствовать сокращению срока окупаемости материальных затрат на гидромелиорацию в 1,5-2,0 раза, что также свидетельствует о том, что мелиоративное освоение пойменных торфяников должно предусматривать применение комплексных мелиораций.

Остановимся на вопросе состоятельности освоения пойменных торфяников вообще и под сельскохозяйственные угодья в частности. Как правило, пойменные торфяники входят в водоохранную зону рек и не подлежат освоению. Часто освоение бывает производственной и даже социальной необходимостью. Например, на севере таёжной зоны освоить под сельскохозяйственные угодья можно только пойменные земли и часто это пойменные торфяники. Они же часто используются и под огороды жителей северных городов. На наш взгляд, использование пойменных торфяников под сельскохозяйственные угодья - наиболее приемлемый способ сохранения их и как биоресурса и как зоны геохимического буфера поймы реки. Так, при произрастании сельскохозяйственных культур торф не изымается, а внесённые удобрения прочно закрепляются торфом, что обусловлено их адсорбционными свойствами. А приведённый нами расчёт экономической эффективности использования пойменных торфяников под многолетние травы и в качестве торфяного месторождения с промышленной сработкой залежи для производства органических удобрений показал, что получаемая

экономическая эффективность при использовании торфяников как сельскохозяйственных угодий в 3 раза выше.

По-видимому, по каждому массиву пойменных торфяников следует подходить конкретно.

Мероприятия по охране пойменных торфяников, осуществляемые при их мелиорации, должны предусматривать следующие элементы:

- нормированное осушение, исключаящее как недостаточное, так и чрезмерное осушение;
- нормированное орошение, исключаящее вторичное заболачивание;
- строительство водооборотных систем, с помощью которых можно регулировать не только объем, но и качество воды;
- учёт свойств торфяников и природно-ландшафтных условий при выборе севооборотов на пойменных торфяниках;
- использование маломощных торфяников под травы, введение травопольных севооборотов на мощных торфяниках;
- на пойменных торфяниках с весенним затоплением до 30 суток в травосмеси включать тимopheевку луговую, костер безостый, лисохвост луговой, канареечник тростниковидный, при более продолжительном затоплении подсевают канареечник тростниковидный в чистом виде или в смеси с бекманией обыкновенной;
- предотвращение дефляционных процессов при освоении пойменных торфяников с помощью полезащитных лесополос, которые формируются из естественной растительности или создаются путем лесопосадок;
- формирование полезащитных древесно-кустарниковых групп колкового типа на массивах с болотно-бугристым или мелко-западинным мозаичным рельефом. Площадь отдельного колка не менее 0,5 га;
- общая площадь полезащитных лесополос и древесно-кустарниковых групп должна составлять не менее 2% от площади мелиорируемых торфяников;
- Применение минеральных удобрений в расчетных дозах и оптимальных соотношениях;

– Соответствие форм минеральных удобрений режимам пойменных торфяников. Например, из азотных удобрений – мочевины, как удобрение, соответствующее аммонийному типу азотного режима торфяников, хлористый калий заменяется сульфатом калия;

– Капсулирование азотно-фосфорно-калийных минеральных удобрений;

– обязательное внесение органических и микроудобрений в расчетных дозах;

– разработка для крупных мелиоративных систем на пойменных торфяниках с площадью более 5000 га индивидуального комплекса природоохранных мероприятий включающего, кроме вышеперечисленных, миграционные коридоры, ландшафтно-экологические ниши и др.;

– система противопожарных мероприятий согласно "Руководству по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем", утвержденному 29.03.76 г. № 170 или более поздним нормативным документам.

## Условные обозначения

**сп** – сухой почвы

**ГК** – гуминовые кислоты

**ФК** – фульвокислоты

**с.-х.** – сельскохозяйственных

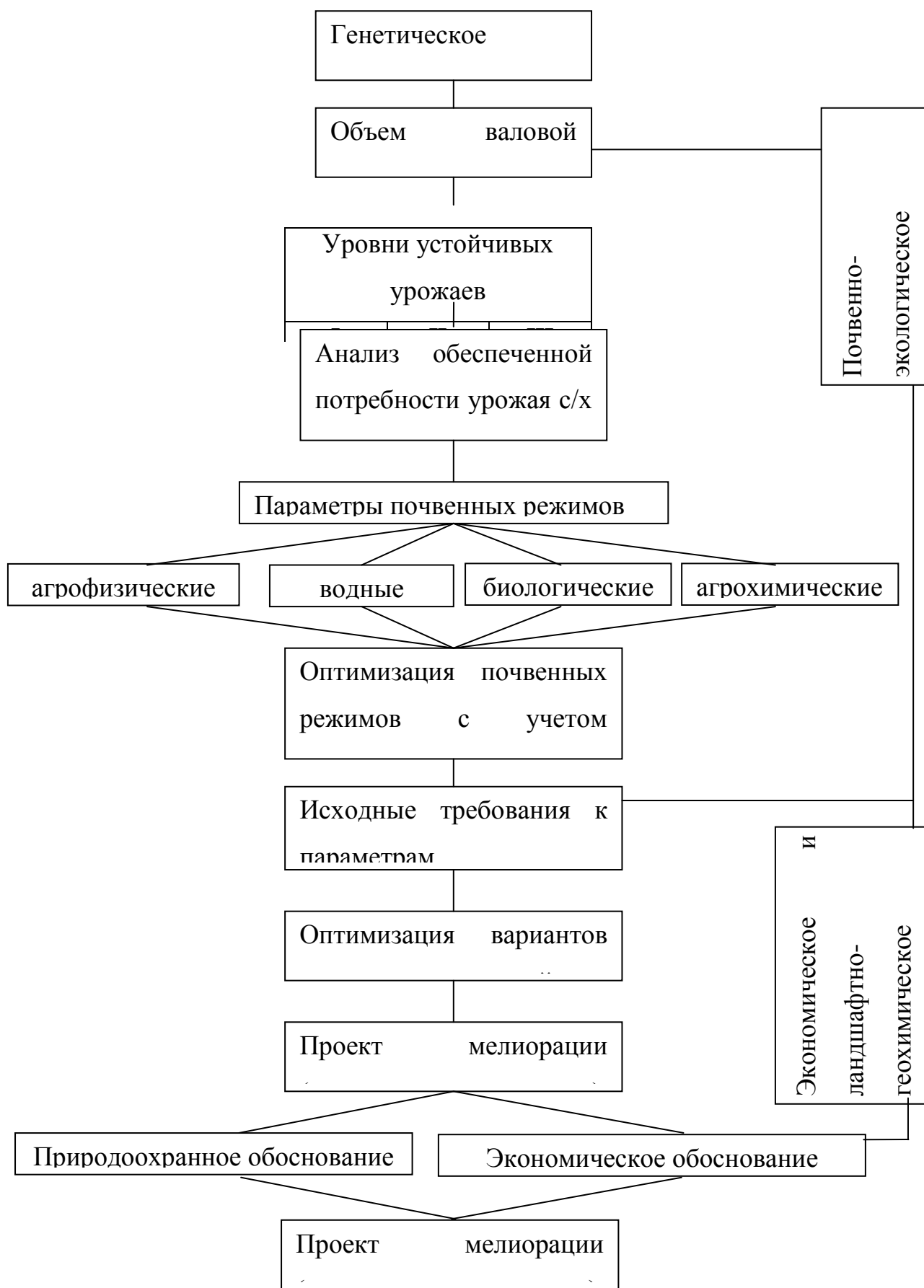
**УГВ** – уровень грунтовых вод

**ПВ** – полная влагоёмкость

**ОВ** – органическое вещество

**ПЭОКМ** – почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций

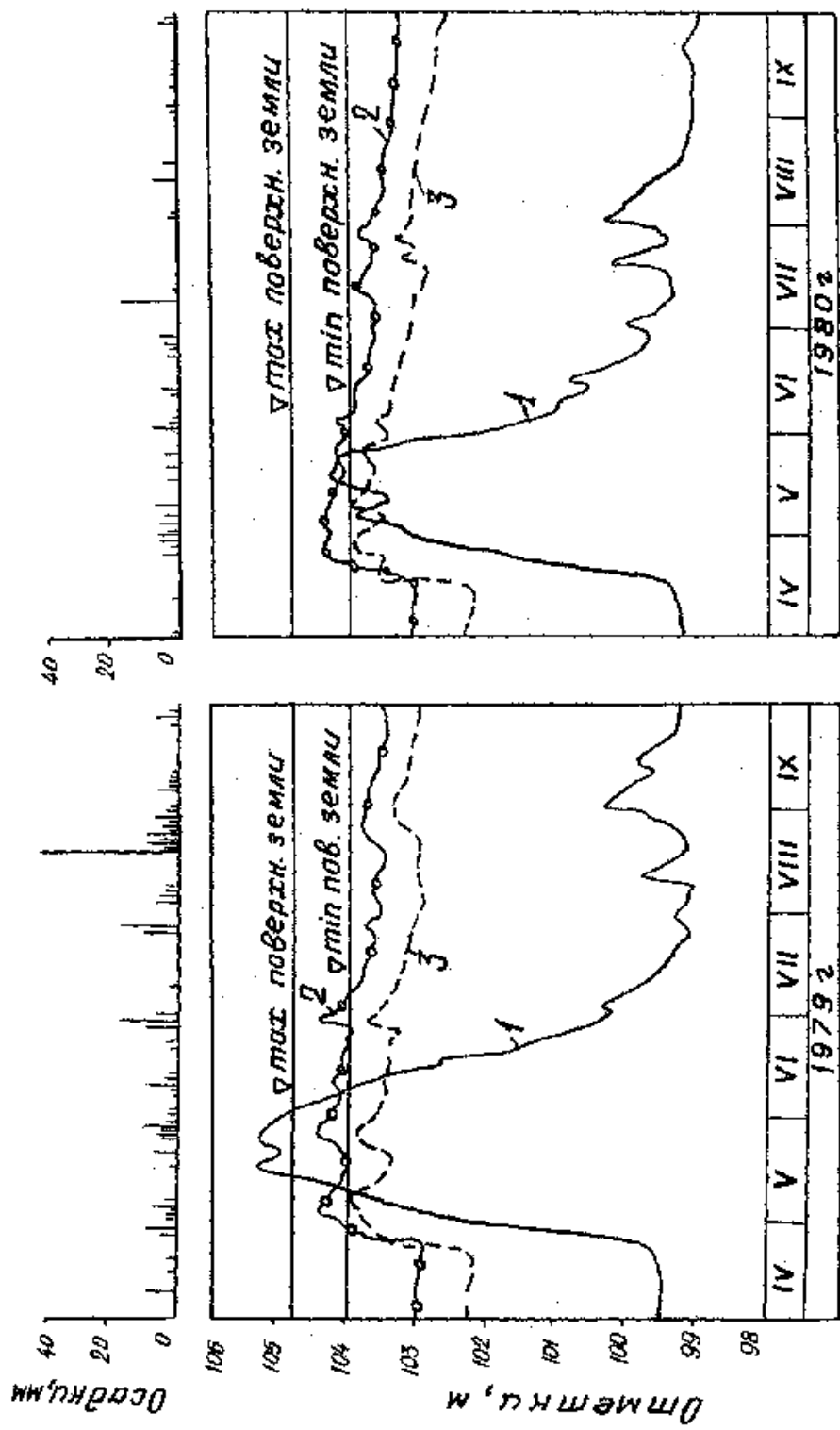
**ОВП** – окислительно-восстановительный потенциал



**Рис. 1. Этапы мелиоративного проектирования**







а)

б)

Рис.5. Динамика уровней воды в водоприёмнике и грунтовых вод на участке осушения закрытым дренажом: 1 – р.Кия; 2 – дренаж 25×0,80м; 3 – дренаж 25×1,10м

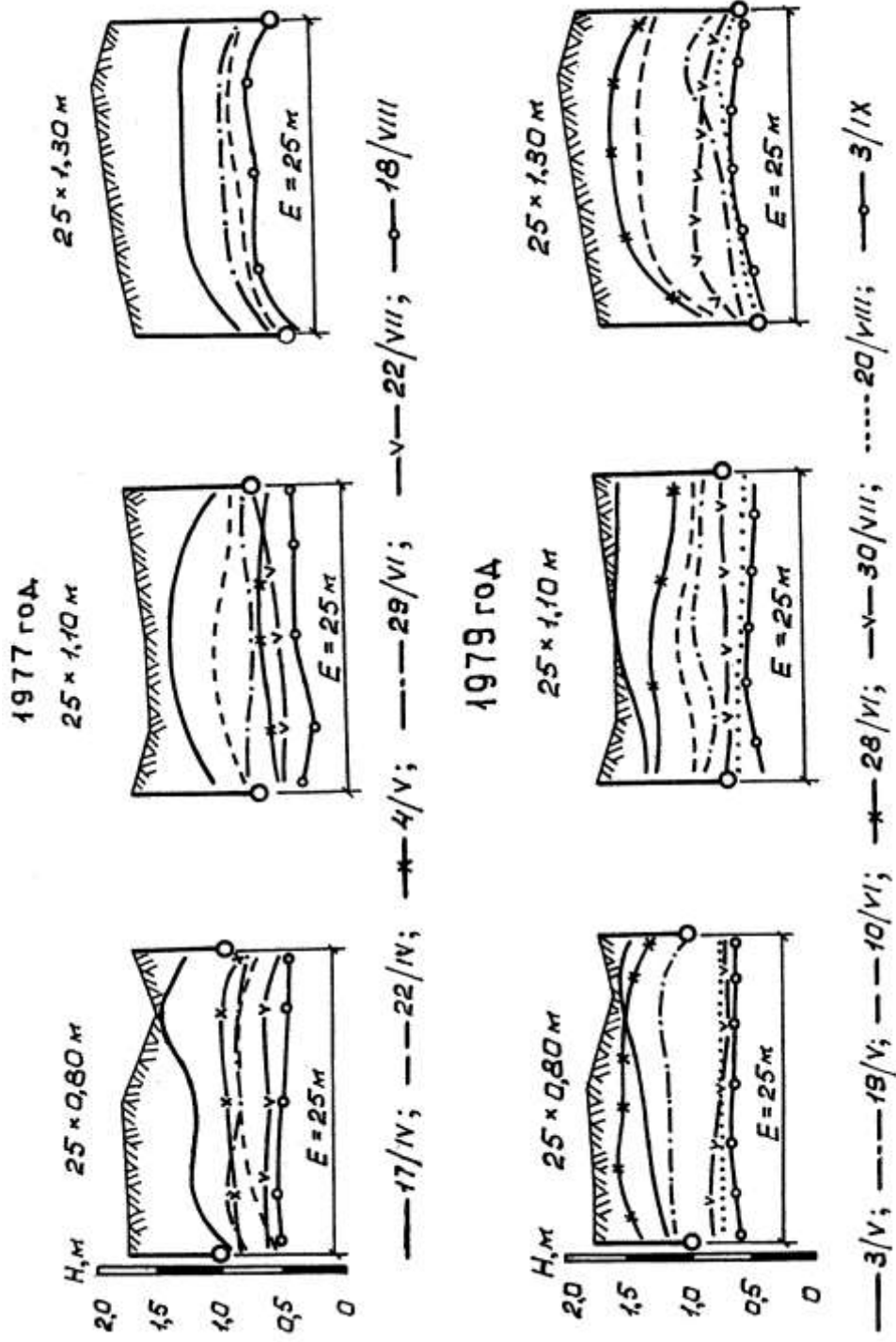


Рис. 6. Кривые депрессии уровня грунтовых вод в торфяниках, осушаемых закрытым дренажем.

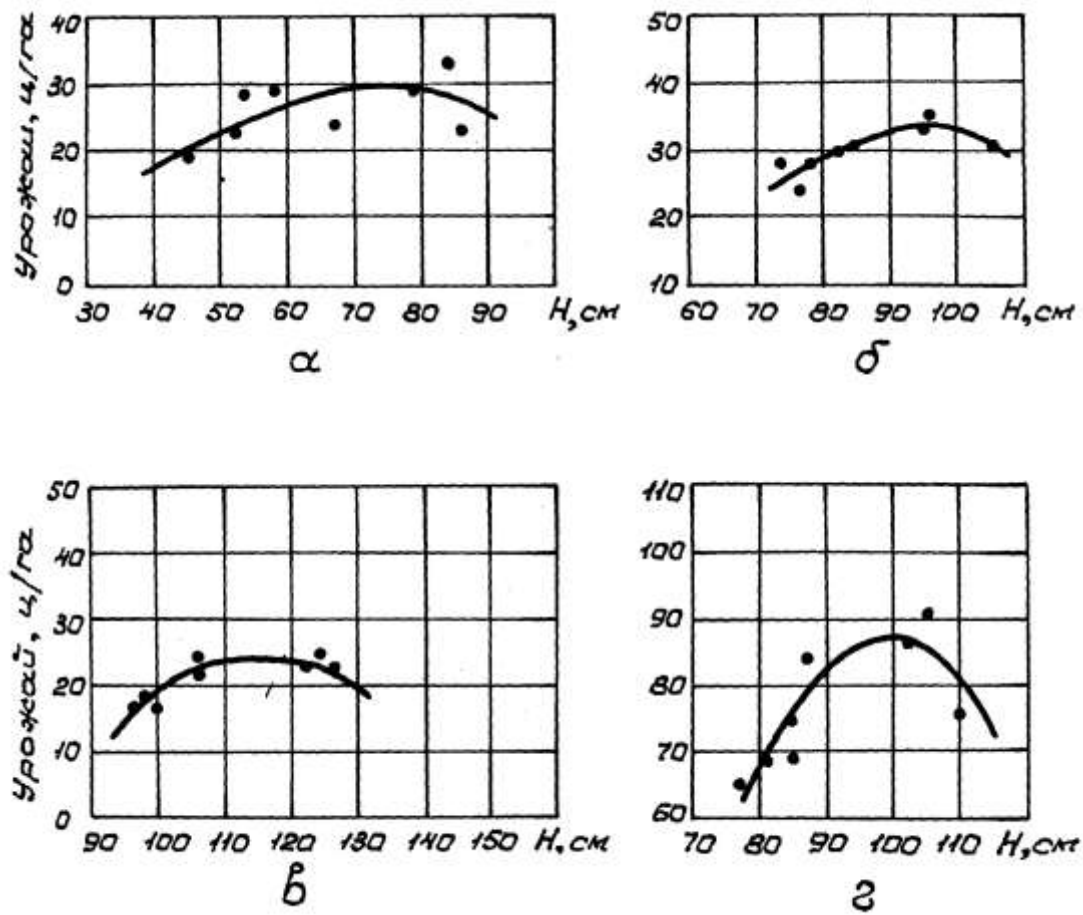


Рис.7. Влияние глубины грунтовых вод в пойменных торфяниках на урожай многолетних трав:

а – первый укос, б – второй укос, в – третий укос;

г – вегетационный период в целом.

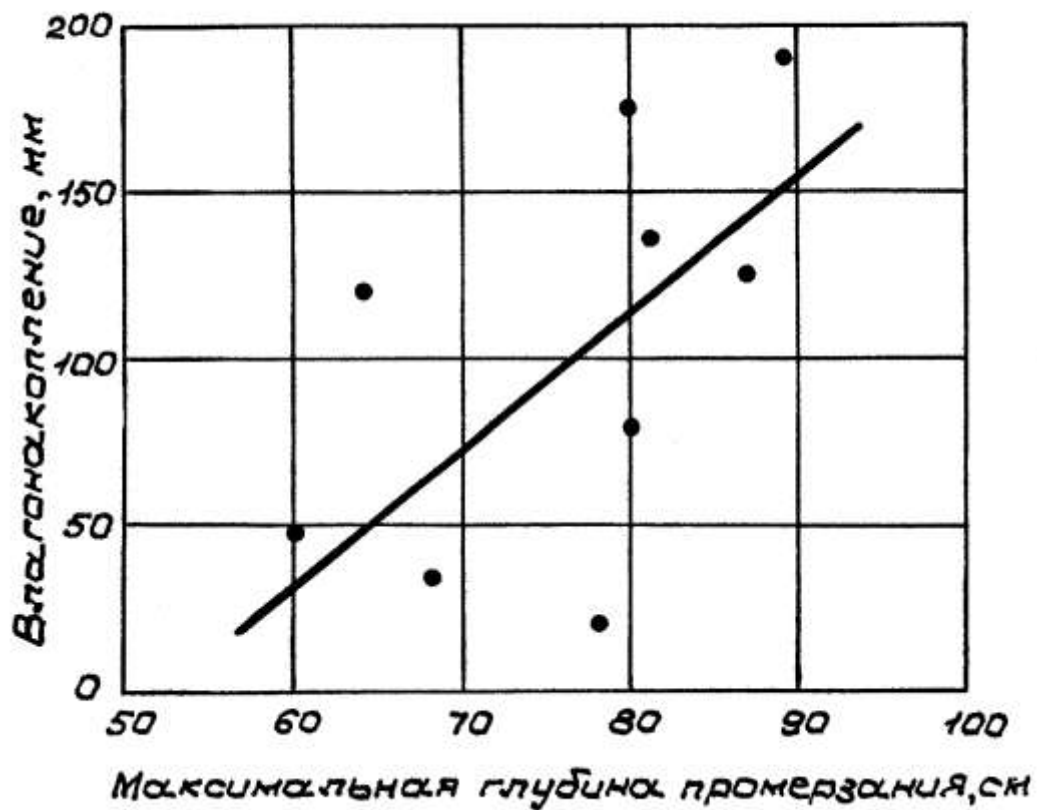


Рис. 8. Зависимость зимнего накопления влаги в метровом слое торфяников от глубины промерзания на объекте “Верхний луг” Зырянского района.

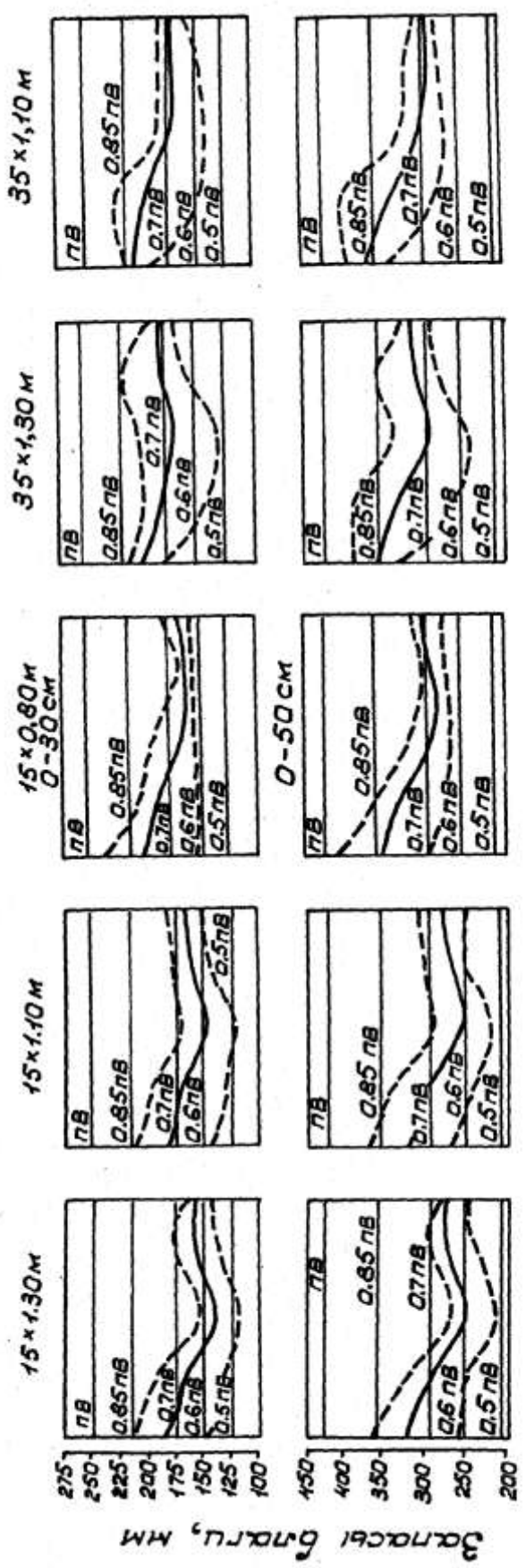
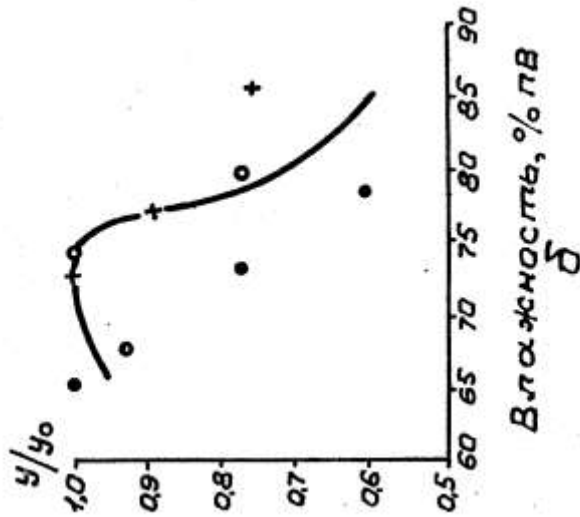
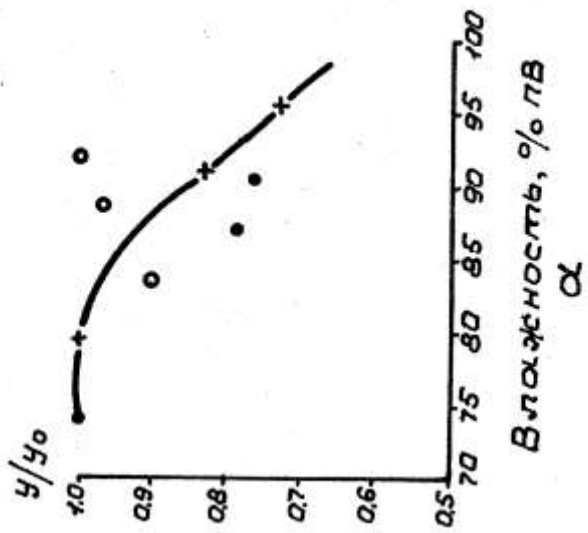


Рис. 10. Изменение запасов влаги в пойменных торфяниках, осушаемых закрытым дренажем, за 1977-1980 гг.: 1 — среднее значение; 2 — экстремальные значения



• 1 + 2    ° 3

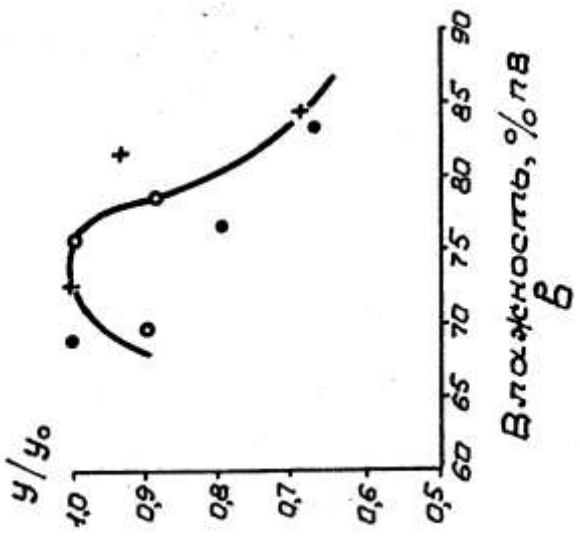


Рис. 11. Зависимость относительной урожайности многолетних трав от влажности корнеобитаемого слоя торфяников на объекте "Верхний луг" Зырянского района: а – первый укос; б – второй укос; в – вегетационный период в целом; 1 – 1978г; 2 – 1979г; 3 – 1980г.

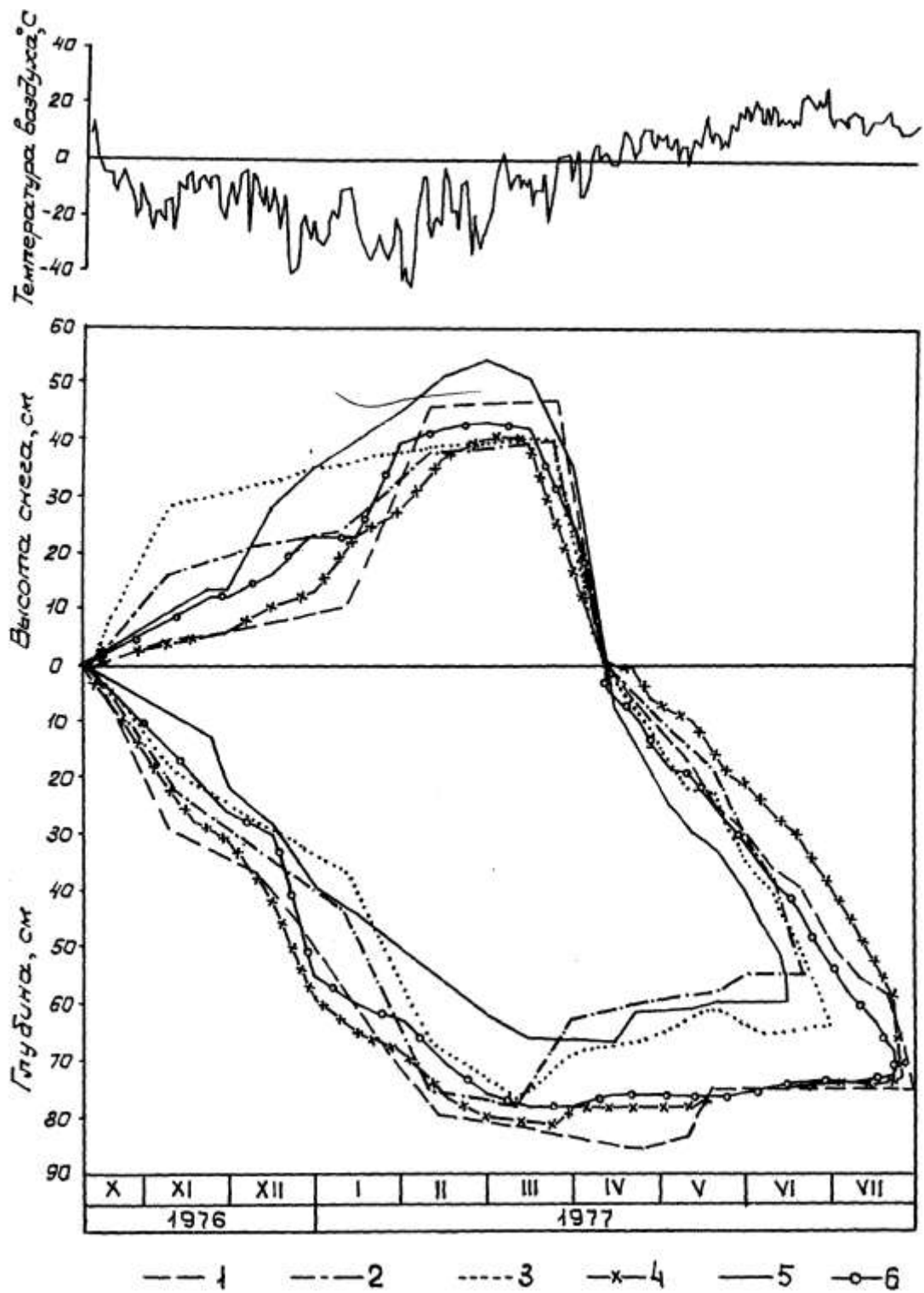


Рис. 13. Промерзание и оттаивание пойменных осушаемых торфяников:

расстояние от канала 1 – 5м; 2 – 100м; 3 – 200м;

варианты дренажа 4 - 25×1,30м; 5 - 25×1,10м; 6 - 25×0,80м.



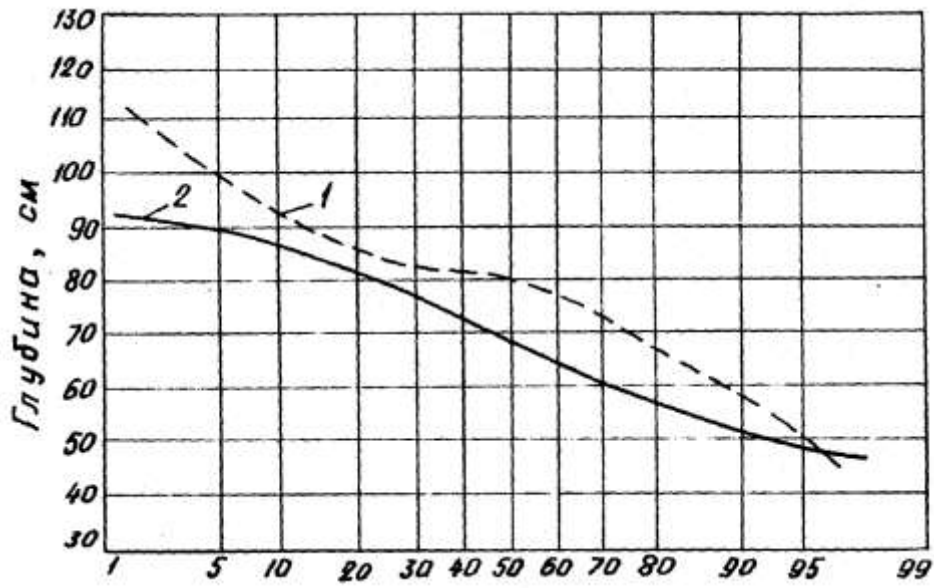


Рис. 14. Кривые обеспеченности максимальной глубины промерзания (1), величины оттаивания сверху пойменных осушаемых торфяников (2).

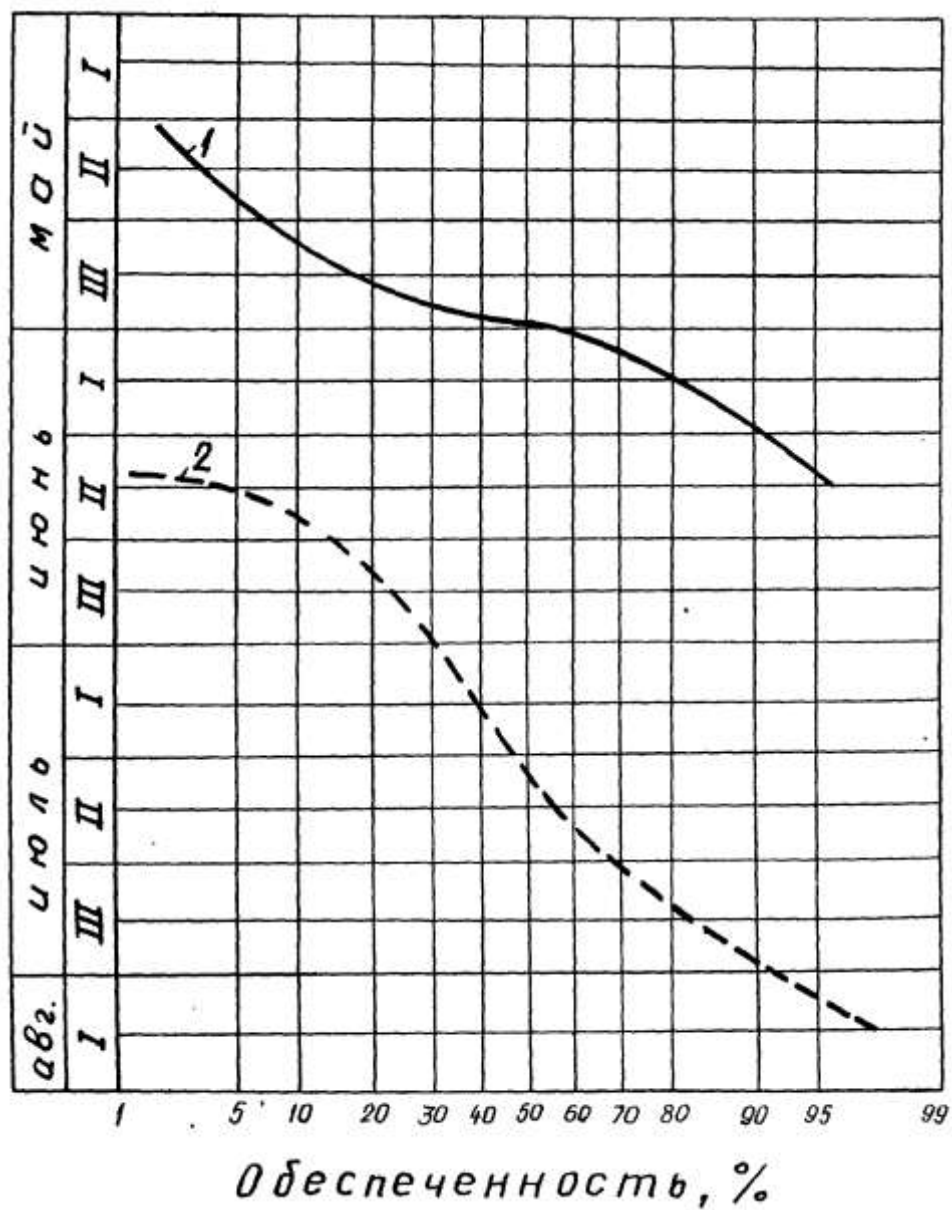


Рис. 15. Кривые обеспеченности дат оттаивания на глубину 30 см (1) и полного оттаивания (2) пойменных торфяных почв.

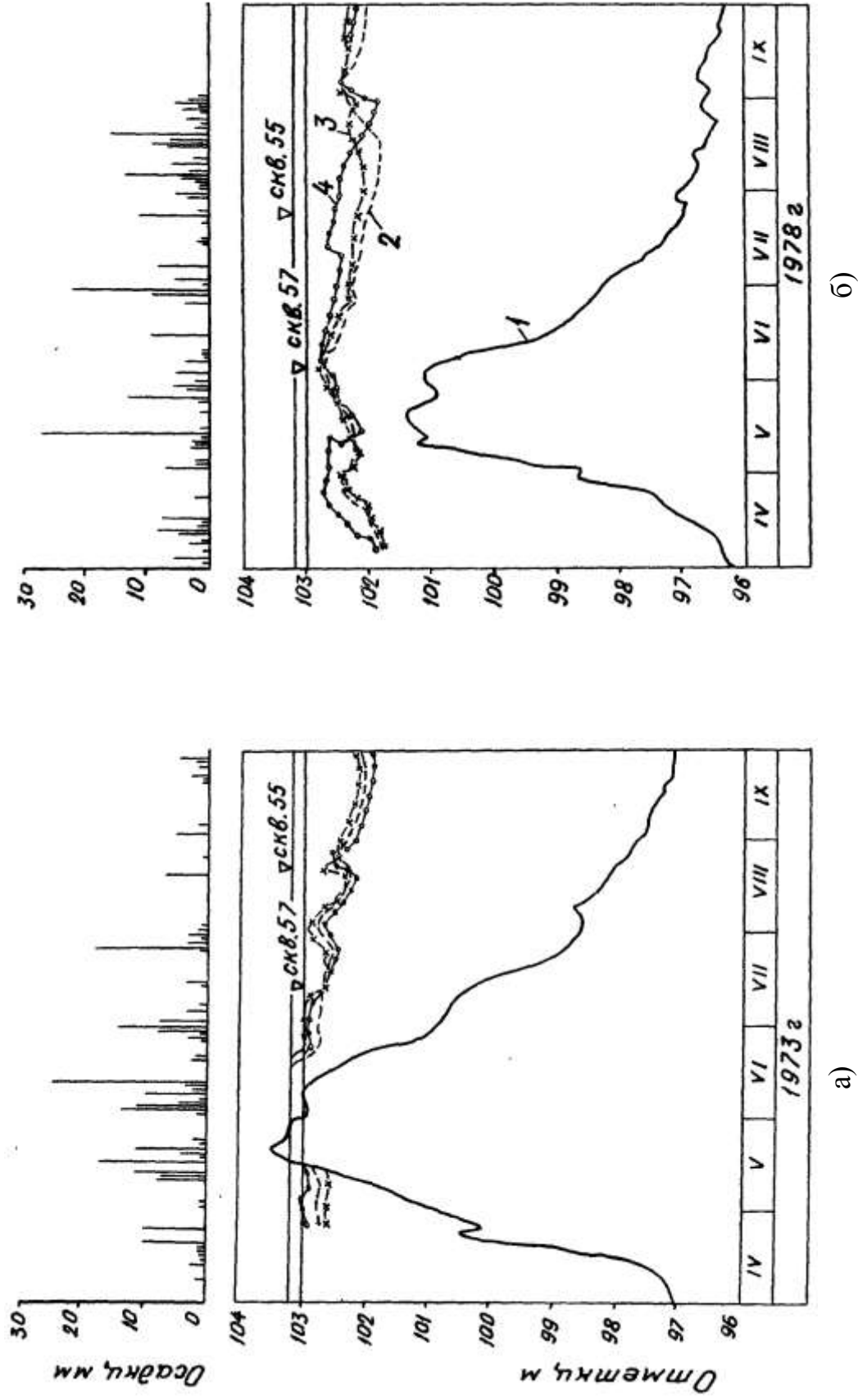


Рис. 18. Динамика уровней воды в водоприёмнике и грунтовых вод на объекте "Открытое болото": 1 – р. Чулым; 2 – скв. 55 (5м от канала); 3 – скв. 56 (100м от канала); 4 – скв. 57 (200м от канала).

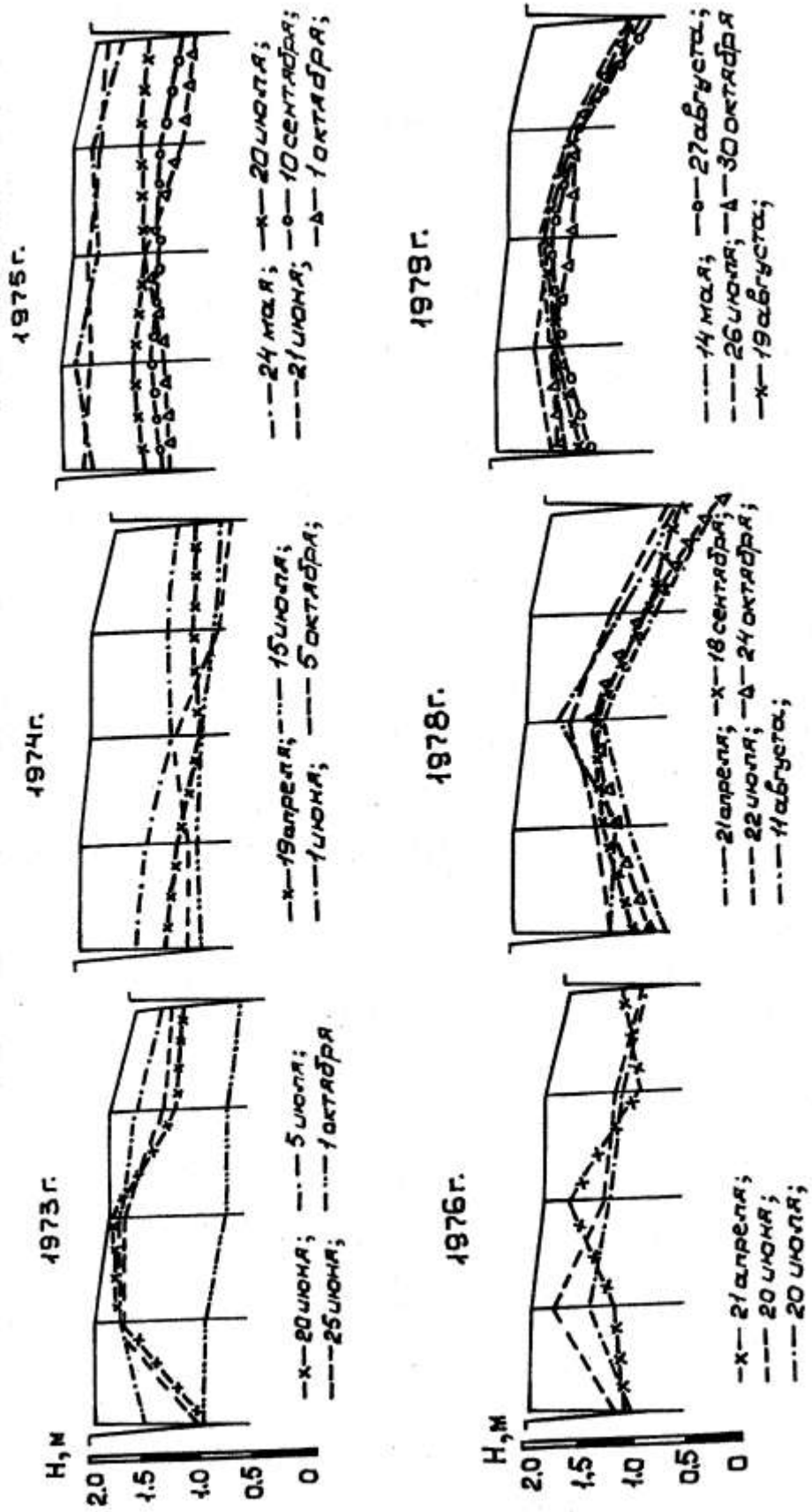


Рис. 19. Кривые депрессии уровня грунтовых вод на объекте "Открытое болото".

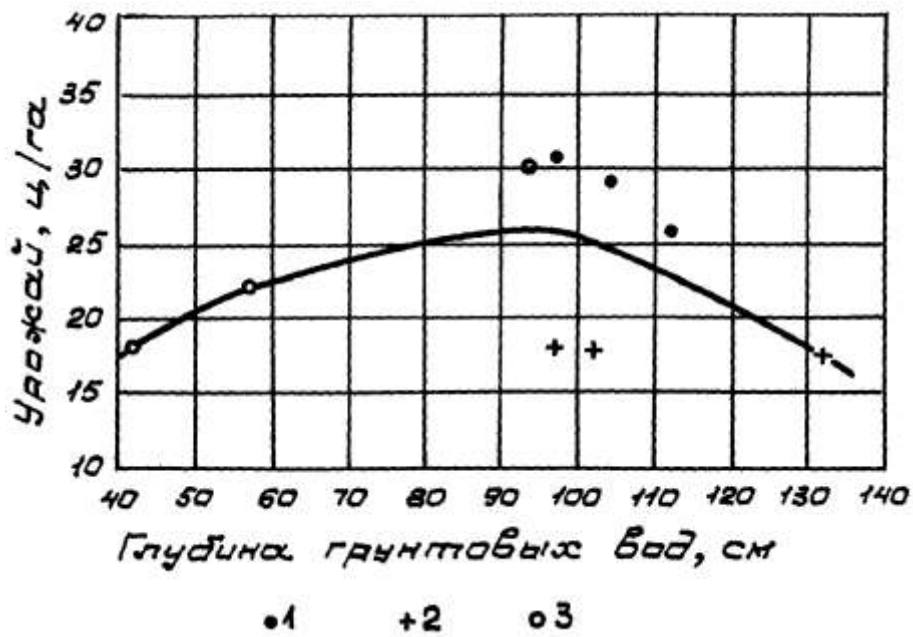
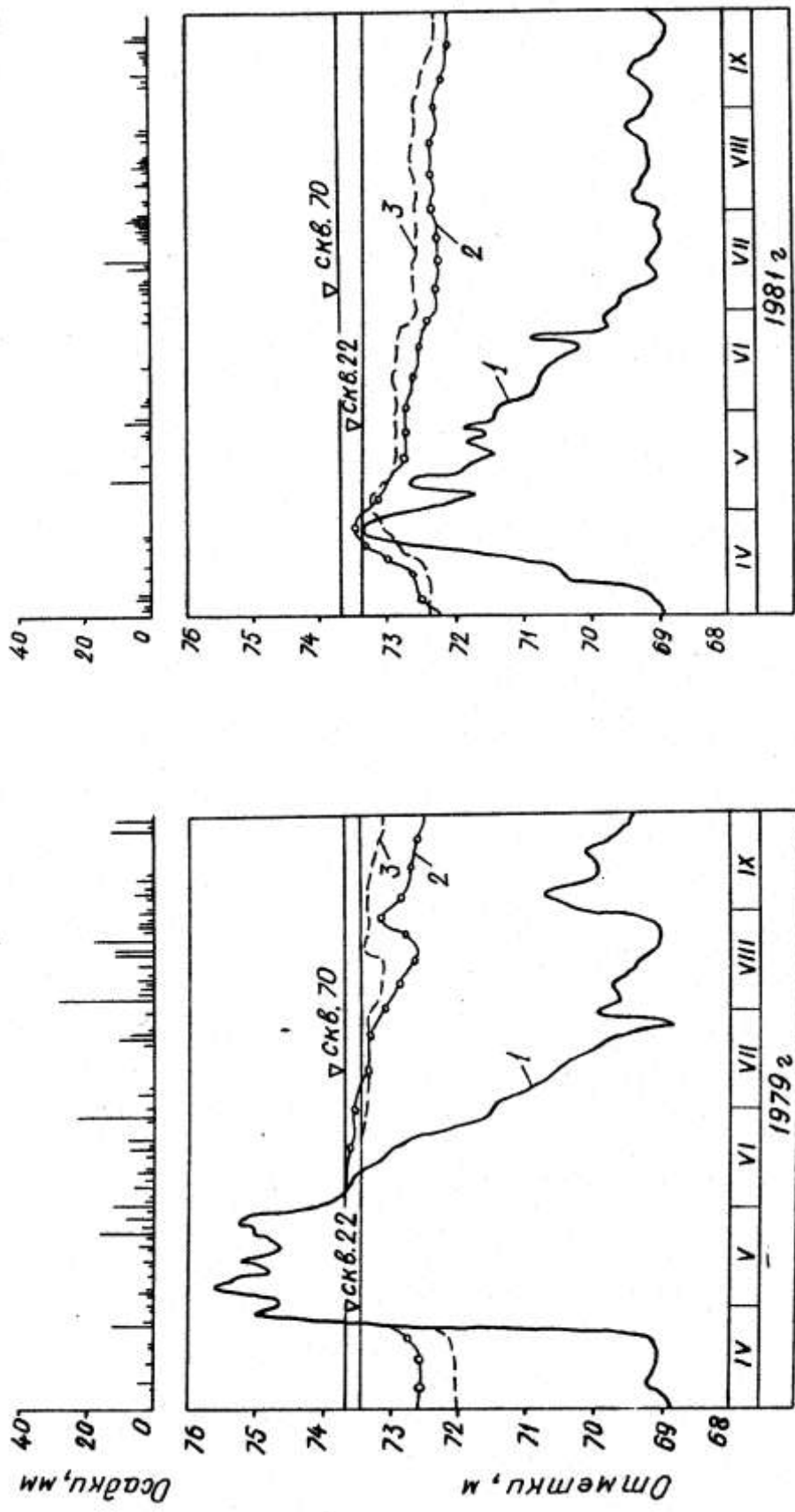


Рис. 20. Зависимость урожая горохо-овсяной смеси от глубины грунтовых вод на объекте "Открытое болото":

1 – 1977 год;

2 – 1978 год;

3 – 1979 год.



а)

б)

Рис. 22. Динамика уровней воды в водопритоке и грунтовых вод на объекте "Верхние луга" Шегарского района: 1 - Обь; 2 - скв. 70 (E=60м); 3 - скв. 22 (E=150м).

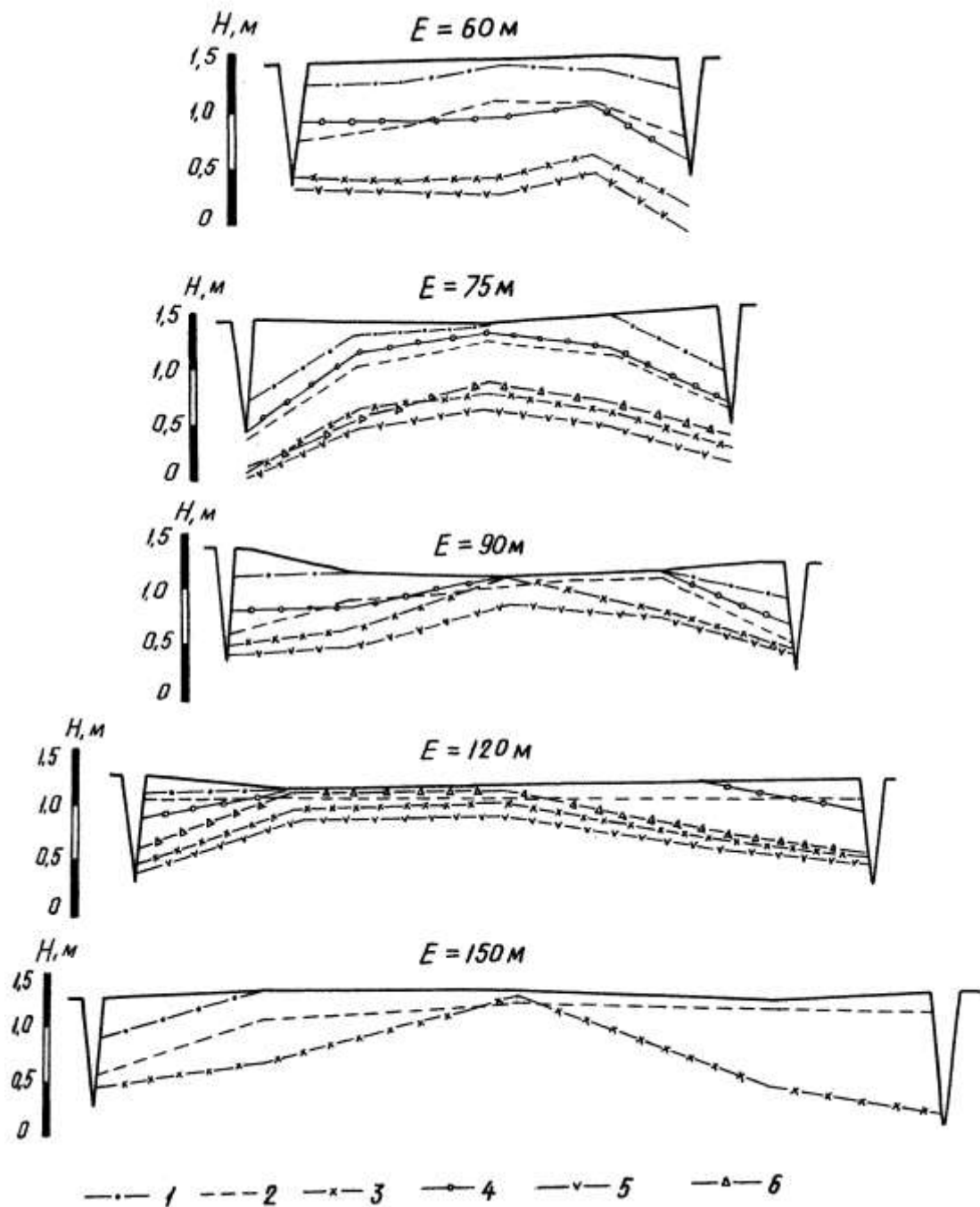


Рис. 23. Кривые депрессии уровня грунтовых вод на объекте “Верхние луга” Шегарского района, 1979 год:

1 – 15 июня; 2 – 25 июля; 3 – 19 августа; 4 – 27 августа; 5 – 30 сентября; 6 – 20 октября.

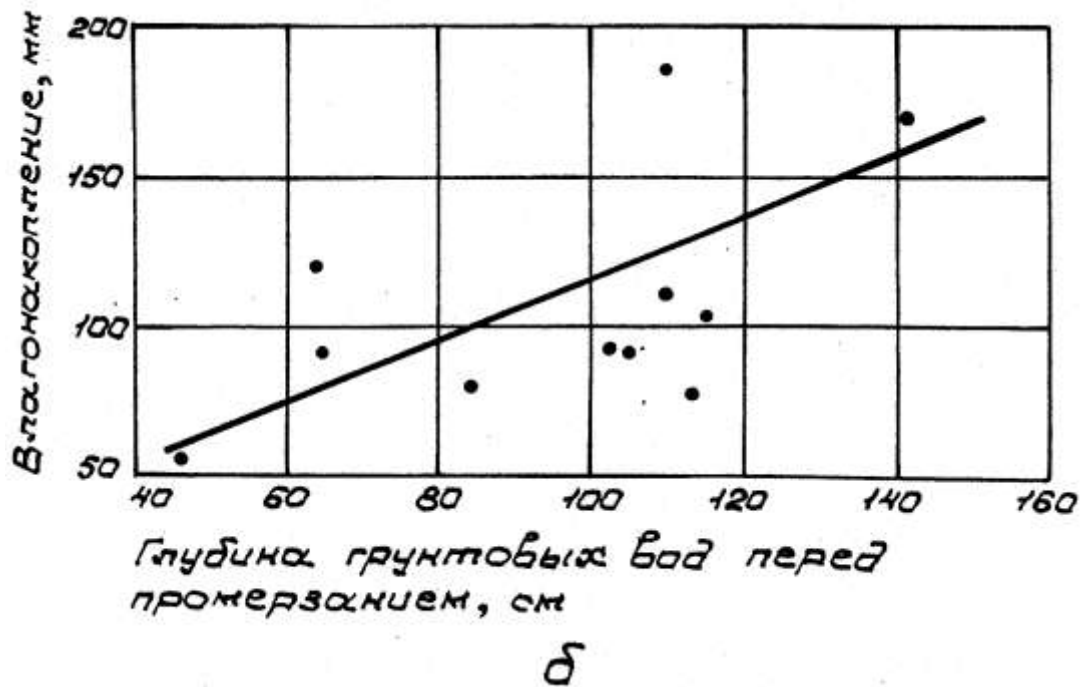
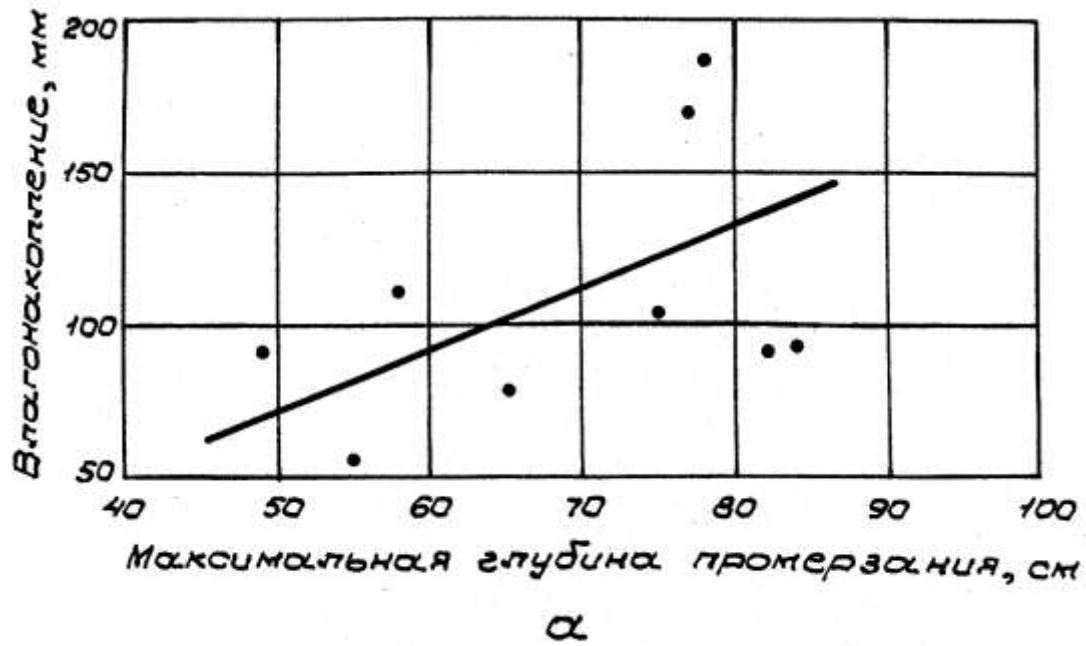


Рис. 24. Зависимость зимнего влагонакопления в метровом слое торфяников от глубины промерзания (а) и глубины грунтовых вод (б) на объекте “Открытое болото”.



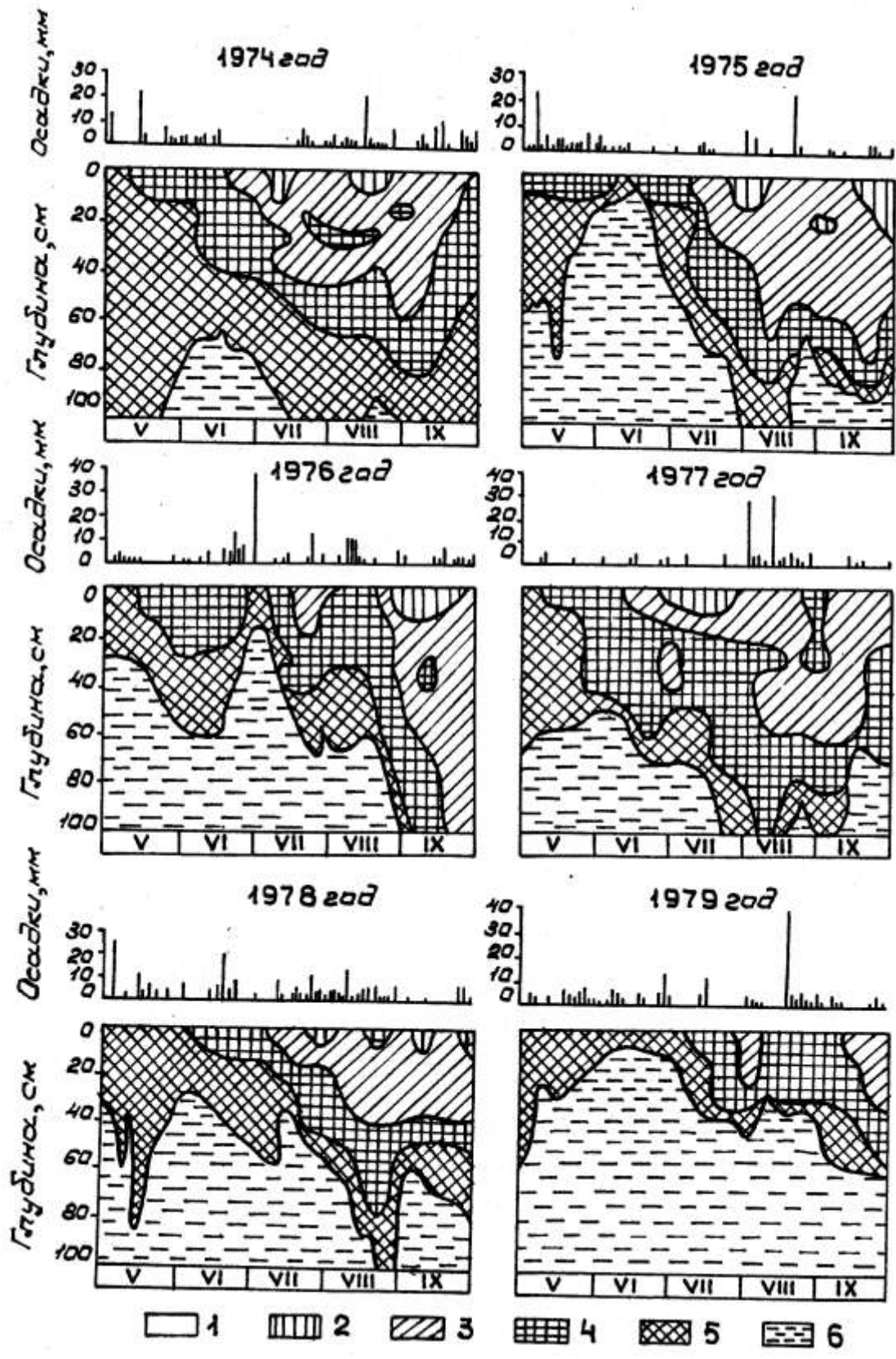


Рис. 25. Хроноизоплеты влажности торфяников на объекте “Открытое болото”:



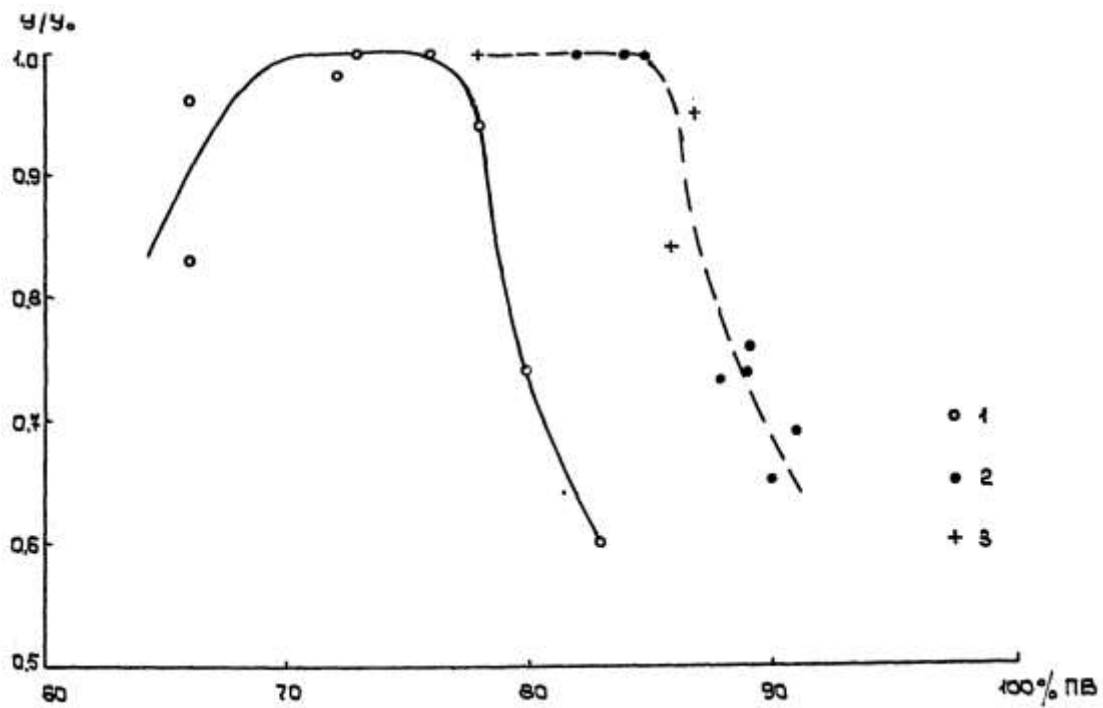


Рис. 26. Зависимость относительной урожайности сельскохозяйственных культур от влажности корнеобитаемого слоя торфяников на объекте “Открытое болото”:

1 – горохо-овсяная смесь;

2 – многолетние травы;

3 – озимая рожь на сено.

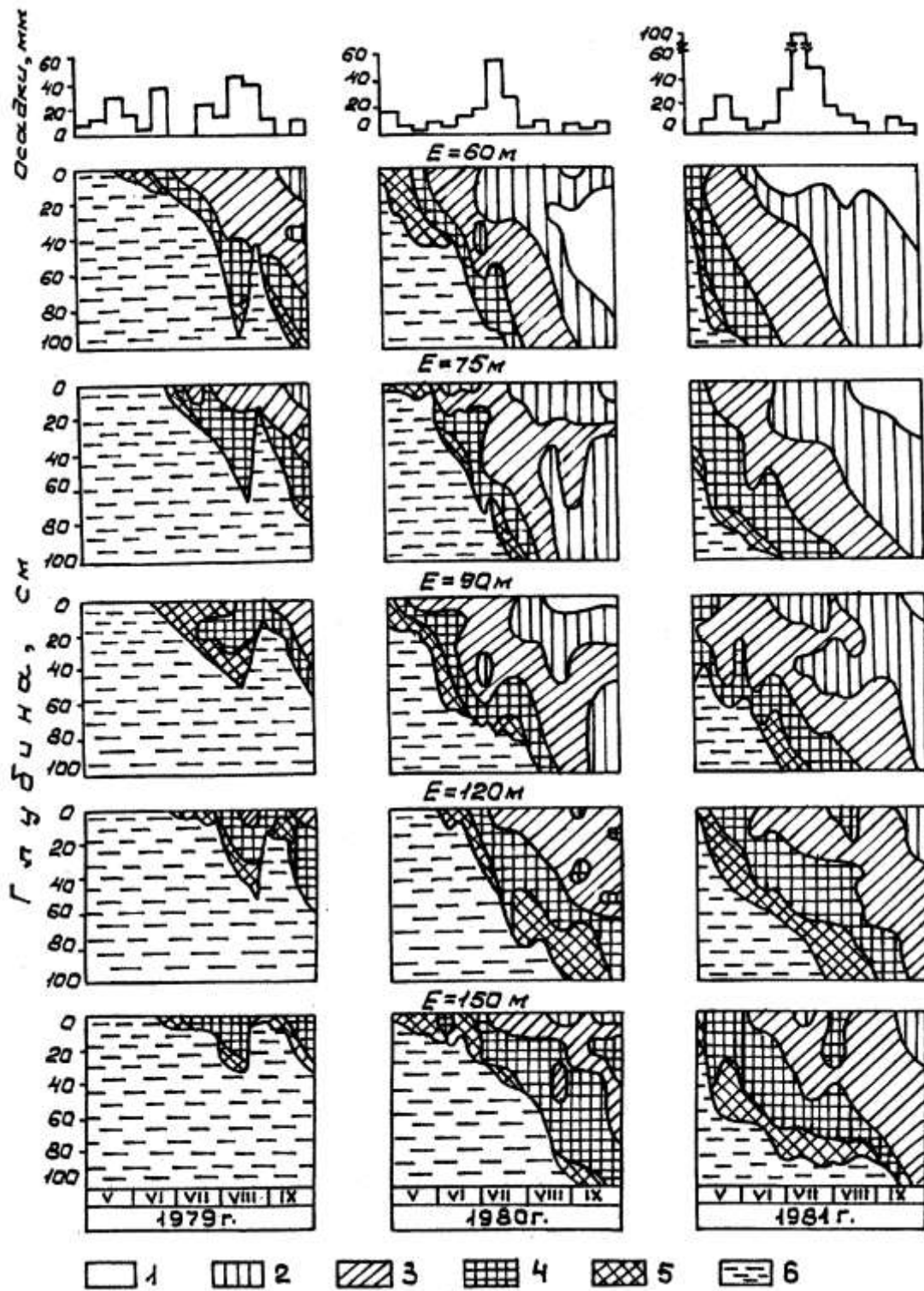
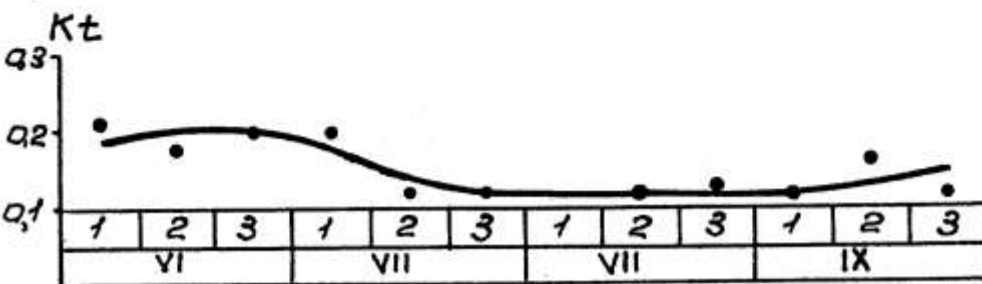
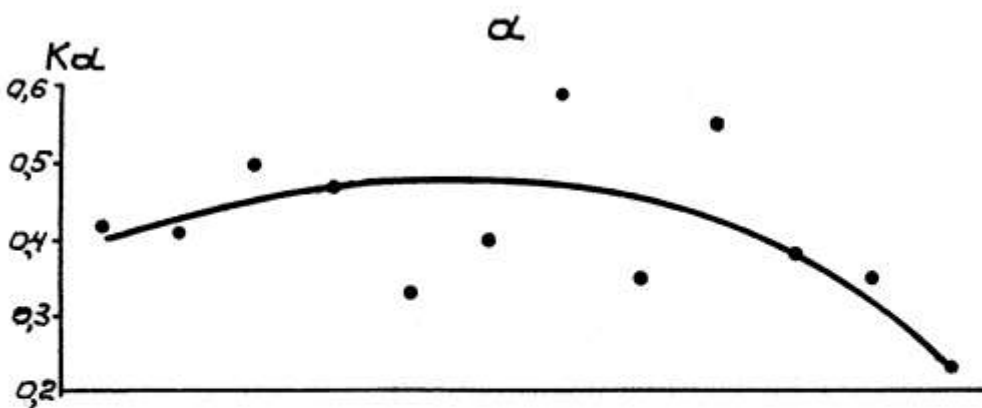
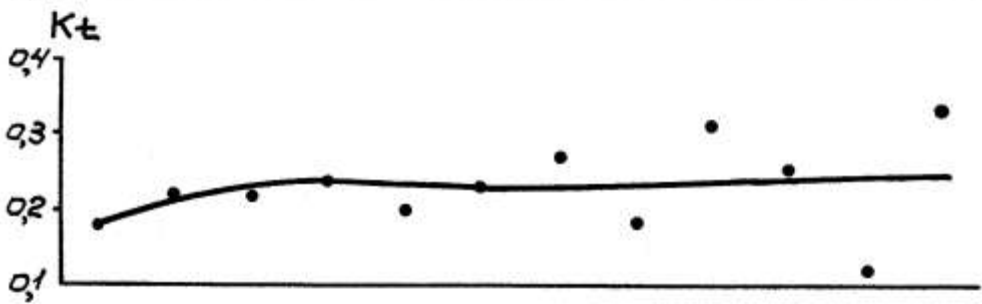
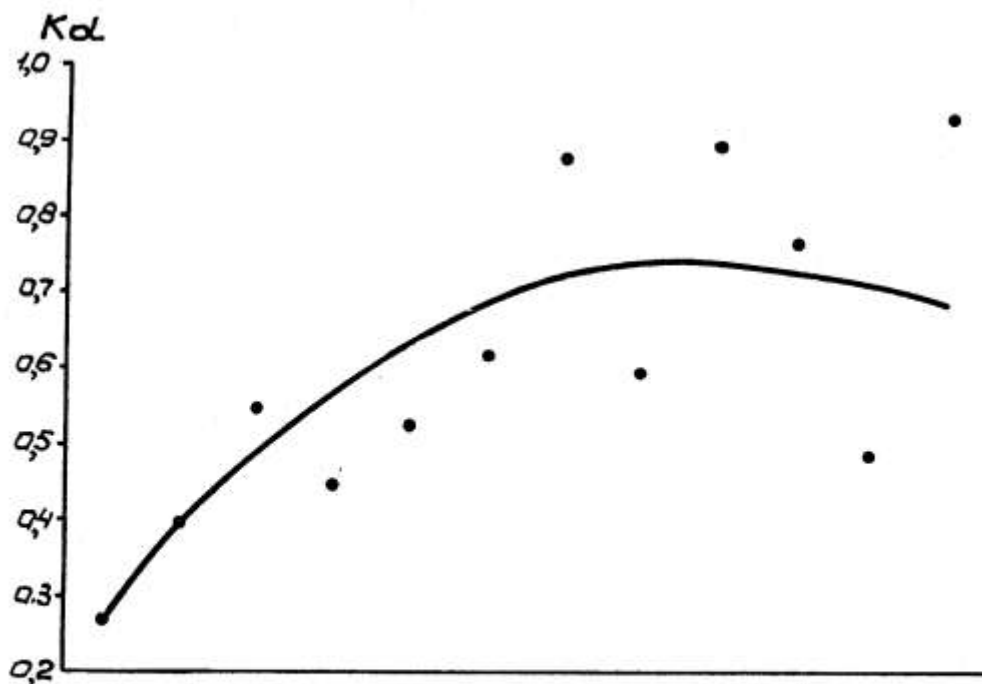


Рис. 27. Хроноизоплеты влажности торфяников на объекте “Верхние луга” Шегарского района:

1 – <60%; 2 – 60-70%; 3 – 70-80%; 4 – 80-90%; 5 – 90-100% ПВ;  
6 – грунтовые воды.



1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
VI			VII			VII			IX		

$\delta$

Рис. 30. Биологические кривые водопотребления луговых (а) и сеяных (б) многолетних трав на пойменных осушаемых торфяниках.