

К 66

На правах рукописи



КОРЕПАНОВ ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

**ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСУШЕНИЯ
ИЗБЫТОЧНО УВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
ВОЛЖСКО – КАМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**Специальность 06.03.03 - «Лесоведение и лесоводство;
лесные пожары и борьба с ними»**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук**

**Екатеринбург
2006**

Работа выполнена на кафедре лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета

Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор С.В.Залесов

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
академик РАСХН Б.С.Маслов

доктор биологических наук, профессор
А.С.Чиндыев

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор А.Ф.Хайретдинов

Ведущая организация: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

Защита диссертации состоится «27» октября 2006 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим присыпать ученому секретарю диссертационного совета
Факс: 8(343) 254-62-25

Автореферат разослан «15» сент. 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

 **Л.И.Аткина**

Введение

Возрастающая хозяйственная деятельность, расширение населенных пунктов, рост промышленных центров, деградационные процессы в почве, вырубка лесов ведут к сокращению земель лесного фонда. Особенно чувствительны к смене экологических условий избыточно увлажненные лесные земли (9,2 % земель лесного фонда), где малейшее антропогенное влияние вызывает существенные качественные и количественные изменения. Одним из эффективных мероприятий, способствующих повышению продуктивности и устойчивости лесных фитоценозов, является поддержание оптимального и сохранение естественного водного режима местообитаний.

В то же время, отсутствие надежной системы учета и мониторинга не позволяет дать полномасштабную объективную оценку состояния лесных ресурсов. Поэтому выявление параметров оптимального водного режима избыточно увлажненных лесных земель и отклонений от него, приводящих к снижению производительности и устойчивости лесных экосистем, имеет большое научное и практическое значение.

Цель исследования заключается в выявлении на основе данных предшествующих исследований и собственных результатов закономерностей динамики водного режима избыточно увлажненных лесных земель за 40 - летний период, что позволяет прогнозировать лесохозяйственную эффективность осушения с учетом региональных почвенно - климатических условий.

Задачи исследования сформулированы на основе анализа отечественного и зарубежного опыта осушения лесных земель и предусматривают:

- совершенствование методик сбора и анализа экспериментального материала;
- установление закономерностей режима почвенно - грунтовых вод (ПГВ) в основных типах лесных насаждений в условиях естественного дренажа и осушения;
- выявление комплекса экологических факторов, влияющих на производительность насаждений;
- исследование влияния состояния осушительной сети на динамику грунтовых вод и рост древостояев;
- изучение роста лесных насаждений на осушаемых болотах и прилегающих к ним суходолах;

- определение производительности насаждений в зависимости от режима грунтовых вод и комплекса почвенно - климатических факторов;

- численное решение имитационной модели «Производительность древостоев – грунтовые воды» и проверка на адекватность полученных значений.

Научная новизна. Установлены закономерности динамики уровня грунтовых вод (УГВ) избыточно увлажненных лесных земель и суходолов Волжско – Камского междуречья. Для этого:

- исследованы особенности режима грунтовых вод под насаждениями различного состава, а также на осушаемых и неосушенных избыточно увлажненных землях;

- определена продолжительность подтопления их почвенных горизонтов;

- изучена суточная и сезонная динамика ПГВ.

Определены взаимосвязи влияния водного режима осушаемых и не осушенных избыточно увлажненных земель, а также прилегающих суходолов и комплекса основных экологических факторов на рост древостоев:

- гидрологических условий (влажность почвы, количество осадков, испаряемость);

- качественного состава грунтовых вод и торфяных почв;

- температурного режима почв.

Получены статические эмпирические и расчетные зависимости для определения производительности основных лесообразующих древесных пород региона исследования в условиях осушаемых избыточно увлажненных земель и суходолов.

Составлена методика оценки технико-экономической эффективности осушения избыточно увлажненных лесных земель в современных условиях.

Практическая значимость определяется возможностью применения имитационной динамической модели и разработанных компьютерных программ для расчетов в системе пользования избыточно увлажненными землями. Разработанный комплекс измерительной аппаратуры может быть применен при мониторинге УГВ, поиске подповерхностных неоднородностей и в частности при определении кривой депрессии и глубины залегания грунтовых вод.

Приоритет технических решений защищен авторскими свидетельствами об официальной регистрации программ для ЭВМ РФ, свидетельст-

вом об отраслевой регистрации разработки федерального агентства по образованию и подтверждается актами внедрения.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечиваются длительными исследованиями, большим объемом экспериментального материала, применением апробированных методик сбора и математических методов обработки исходных данных с использованием современных компьютерных программ (MathCAD 2000 Professional, Curver, Microsoft Excel).

Личный вклад автора заключается в постановке проблемы, разработке программы и методики исследований, подборе объектов, сборе, обработке и анализе экспериментального материала, формулировке научных положений и выводов.

Апробация. Материалы исследований представлялись на Всероссийских и международных конференциях: «Взаимодействие человека и природы на границе Европы и Азии» (Самара, 1996); «Гидротехническая мелиорация лесных земель, ведение лесного хозяйства и вопросы экологии» (пос. Варнавино - Санкт - Петербург, 1997); «Гидролесомелиорация и эффективное использование земель лесного фонда» (Вологда - Кирилов, 1998); «Принципы формирования высокопродуктивных лесов» (Уфа, 2000); «Региональные проблемы изучения и использования избыточно увлажненных лесных земель» (Екатеринбург, 2000); «Актуальные проблемы современной науки» (Самара, 2001); «Лесоэкологические проблемы Поволжья» (Нижний Новгород: 2003); «Эколого-экономические аспекты гидролесомелиорации» (Гомель, 2003); «Структурно-функциональная организация и динамика лесов» (Красноярск, 2004). «Проблемы озеленения городов и развития лесного комплекса» (Пермь, 2005); «Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения» (Нижний Новгород, 2005); «Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов» (Казань, 2005).

Отдельные положения работы докладывались на научных конференциях в г. Йошкар - Оле в 1996 - 2005 годах.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 60 печатных работ, в том числе 3 монографии

На защиту выносятся следующие основные положения:

- особенности динамики режима грунтовых вод;
- влияние состояния осушительной сети на динамику ПГВ;
- зависимость производительности древостоя от почвенно – климатических условий;

- производительность древесных насаждений на избыточно увлажненных лесных землях.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 9 разделов, заключения, списка использованной литературы в количестве 402 наименований и 14 приложений. Основное содержание изложено на 288 страницах машинописного текста, иллюстрировано 66 рисунками и 142 таблицами.

Содержание работы

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, ее цель, научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, а также значимость для теории и практики.

В первом разделе проведен анализ литературных источников по теме диссертационной работы, на основе которого сформулированы задачи, составлена программа и определены методики исследования.

В Российской Федерации 238 млн. га избыточно увлажненных лесных земель, в том числе 224 млн. га низкобонитетных заболоченных лесов, основным способом повышения, производительности которых является гидролесомелиорация (Сабо, 1966).

Изучением гидрологического режима избыточно увлажненных лесных земель и его влиянием на древостои охвачена практически вся территории бывшего Советского Союза. Основные районы комплексных исследований сосредоточены: на Северо - Западе (Дубах, 1945; Елпатьевский, 1978; Писарьков, 1955; Бабиков, 1993; Константинов, 1972; Красильников, 1998), на Севере (Артемьев, 1983; Тараканов, 1993), на Украине (Рябуха, 1977; Михович, 1970), в Карелии (Пьявченко, 1959; Пятецкий, 1958; Медведева, 1971; Орлов, 1973; Сибирева, 1959), в Прибалтике (Буш, 1957; Залитис, 1983; Русецкас, 1974; Айре, 1977); на Среднем Урале, в Прикамье и Волго – Вятском экономическом регионе (Чиндяев, 1989; Дружинин, 1980; Корепанов, 1984; Тимофеев, 1969; Шишов, 1997; Кусакин, 2000), в Белоруссии (Эркин, 1934; Будыка, 1959; Смоляк, 1969; Поджаров, 1970; Ипатьев, 1980; Петров, 1984); в Западной Сибири (Глебов, 1980; Ефремов, 1987); в Республике Коми (Пахучий, 1978), на Дальнем Востоке (Острошенко, 1999), в Центральных районах Российской Федерации (Вомперский, 1968; Сабо, 1976; Маслов, 1985; Сирин, 1990) и др.

Большое внимание проблемам влияния осушения на рост насаждений уделяют зарубежные ученые (Клавитер, Янг, 1965; Штанек, 1977; Хейкарайнен, 1978; Стрежелецкий, Поповский, 1980; Хирвонен, 1984; Казниерчук, 1987; Хилман, 1987) и др.

Многочисленные исследования показали, что, несмотря на отдель-

ные случаи отрицательного влияния осушения на насаждения прилегающих суходолов (Михович, Литвак, 1970; Савицкий, 1971; Олзовский, 1973; Сабо, 1999), в целом оно улучшает почвенно - экологические условия и значительно повышает производительность насаждений. Режим ПГВ носит региональный характер и, наряду с почвенными условиями, является одним из основных факторов, влияющих на производительность древостоев. Главными характеристиками водного режима избыточно увлажненных лесных земель являются состояние и динамика глубины ПГВ, поскольку в основном они определяют режим влажности вышележащих горизонтов почвы, испарение и сток.

Лесоводственная эффективность осушения избыточно увлажненных лесных земель отдельных районов Волжско – Камского междуречья изучалась рядом ученых (Тимофеев, 1969; Иванов, 1974; Денисов, 1978; Рубцов, Федюков, 1980; Корепанов, 1984; Шведова, 1990; Красильников, 1998; Шишов, 1990; Корепанов, Дружинин, 1984; Кусакин, Алексеев, 2000). В то же время, проведенные исследования, в основном, носили узко территориальный, частный характер, не охватывая всего обширного региона. Для обстоятельного изучения, которого необходима комплексная оценка влияния осушения на экологию и рост древостоев с использованием и оптимизацией известных методик обследования избыточно увлажненных лесных земель.

При проведении полевых исследований закладка и обработка материалов пробных площадей в насаждениях проводилась в соответствии с методическими рекомендациями ЛенНИИЛХа (Кнize, 1972; Рубцов, 1973; Рубцов, Кузнецов, Кнize, 1975; Рубцов, 1977). Определение текущего объемного прироста древостоя проводилось по методу М.Л.Дворецкого (1971). Описание живого напочвенного покрова на пробных площадях проводилось по методике В.В.Алехина (1938). Влажность почв определялась весовым методом по смешанным образцам из 5 разрезов (Вомперский, 1968). Для определения коэффициента фильтрации применялся метод восстановления воды в скважине после откачки (Писарьков, Тимофеев, 1964). Содержание кислорода в ПГВ определялось иодометрическим методом П.Д.Винокурова (Аринушкина, 1970). Химический анализ грунтовых вод проводился по методике А.А.Резникова (1970). На всех пробных площадях по государственным стандартам было проведено морфологическое описание почвенных разрезов.

Для проведения замеров УГВ применялась методика, разработанная А.Д.Дубахом (1975) и С.Э.Вомперским (1968). На отдельных пробных площадях для измерения глубины ПГВ апробировался импульсный гео-

физический метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) применяемый для поиска подповерхностных неоднородностей (Макаренко, 1993; Корепанов, 1997).

Полученные материалы подвергались математико – статистическому анализу (Дворецкий, 1971). Прогнозирование производительности древостоев и численное решение отдельных задач проводилось с помощью имитационной модели прогнозирования технического состояния осушительной сети и производительности древостоев СевНИИЛХа (Тарakanov, 1999) и имитационной модели «Производительность древостоев – грунтовые воды» (Корепанов, 2000).

Во втором разделе проведен анализ природных условий региона исследования, дана характеристика гидролесомелиоративного фонда и основных объектов исследования.

Волжско - Камское междуречье расположено в восточной части Европейской территории России и находится внутри континента на значительном удалении от морей. На севере граничит с Республикой Коми, Архангельской и Вологодской областями по водоразделу Северных Увалов, на востоке ограничено рекой Камой, на юге граничит с республиками Татарстан, Чувашия, на западе граница проходит по реке Волге и ее притоку Унже, протекающему по Костромской области. По строению поверхности регион представляет всхолмленную равнину, являющуюся продолжением Предуралья.

Материнскими породами почвенного покрова служат коренные породы пермского, юрского и мелового периодов. В результате таяния и отступления ледников четвертичного периода коренные породы покрылись слоем моренных и флювиогляциальных отложений. Поэтому в геоморфологическом отношении регион является восточным крылом полесья Русской равнины, куда входят Ветлужское и Вятско - Камское полесье (Абатуров, 1968).

Климат региона континентальный, с продолжительной холодной многоснежной зимой и умеренно теплым летом, здесь преобладают западные и юго - западные ветры. Рельеф, геология и климат региона определяют характер, режим и распределение водных ресурсов. В зимний период на протяжении пяти месяцев реки скованы льдом. К бассейну реки Камы относится Вятка с ее притоками Коброй, Чепцой, Быстрицей, Моломой, Пижмой, Кильмезью, а также реки, непосредственно впадающие в Каму, как Иньва, Сюзьва, Иж. Притоками Волги являются Ветлуга, Керженец, Большая и Малая Кокшага, Иletь, Узала, Унжа. В период половодья уровень рек поднимается на 3 – 8 метра, летом реки сильно мелеют. Почти ежегодно наблюдаются осенние паводки. На се-

вере и юге встречаются большие озера болотного типа с низкими торфяными берегами, много озер, образовавшихся из стариц. Северная часть региона расположена в подзонах средней и южной тайги. Здесь под пологом хвойных лесов создались условия для образования подзолистого типа почв, степень оподзоленности уменьшается с севера на юг. Широко распространены торфяные и торфянистые почвы. Южнее в зоне смешанных лесов преобладают дерново - подзолистые, серые лесные, торфяные и торфянистые почвы.

В геоботаническом отношении леса региона находятся на стыке трех растительно - климатических зон: европейской тайги, сибирской тайги и европейской лесостепи. В широтном направлении регион делится на подзону средней и южной тайги, зону хвойно - широколиственных лесов, последняя в свою очередь делится на елово – лиственные леса и елово - дубовые на суглинистых почвах, сосновые на древнеаллювиальных песках. Лесной фонд региона составляет 15,4 млн. га. Основные лесообразующие породы – ель, сосна, береза, осина.

Площадь учтенных заболоченных и болотных земель Волжско-Камского междуречья составляет более 5 млн. га (примерно 25 % общей площади региона). По классификации Н.Я.Каца (1971), болотные массивы региона относятся, в основном, к Камско - Ветлужской провинции зоны евтрофных и олиготрофных сосново-сфагновых торфяников и только северные болотные массивы (средняя тайга) можно отнести к Печерско - Онежской провинции зоны выпуклых грядово-мочажинных торфяников. Заболоченность распределена неравномерно, характерно преобладание евтрофных, мезотрофных и мезоолиготрофных болот над олиготрофными. Последние обычно имеют островное расположение среди господствующих евтрофных болот и относятся, в основном, к сосново-сфагновому типу. В северной части региона олиготрофные торфяники становятся преобладающим типом болот.

По торфяно - болотному районированию С.Н.Тюремнова (1976), регион входит в Ветлужскую и Вятско - Камскую торфяные области. Исходя из мощности болот, их типа, характера строения залежи, размера и расположения, а также с учетом геоморфологических районов и климатических условий на территории региона выделено семь болотных районов (Корепанов, 1994).

1. Северо – Западный - крупных олиготрофных и мезоолиготрофных болот по водоразделам рек Вятки и Сухоны, расположенных на моренных отложениях Северных Увалов, и более мелких низинных в местах размытой морены.

2. Северный - крупных олиготрофных и мезоолиготрофных болот по

водоразделам рек Камы и Вятки и более мелких низинных в пониженных элементах рельефа.

3. Северо – Восточный - крупных болот с преобладанием олиготрофных, приуроченных к широким речным террасам, частично заходящих на водоразделы (район крупных грядово - мочажинных комплексов с наличием аапа-болот верховий Камы).

4. Небольших евтрофных болот на повышенных водоразделах, развивающихся на карбонатной морене или мергелях пермской системы, прикрытых сверху покровными суглинками (район Верхне - Камской возвышенности).

5. Крупных болот, расположенных на широких песчаных террасах реки Вятки и ее притоков, а также реки Камы и ее притоков. Преобладают евтрофные, мезотрофные и мезоолиготрофные болота, среди которых в виде островков встречаются олиготрофные сосново-сфагновые болота.

6. Южный комплексный с отсутствием болот на хорошо дренированных водоразделах, с мелкими низинными во впадинах эрозионного рельефа и с низинными болотами среднего размера, приуроченными к долинам рек бассейнов Вятки и Камы, выстланными песчаными флювиогляциальными и аллювиальными отложениями.

7. Юго - Западный - евтрофных, мезотрофных и мезоолиготрофных болот, расположенных на древнеаллювиальных песках боровых террас левобережья реки Волги и ее притоков.

Первые три района расположены в подзоне средней тайги, четвертый и пятый районы - в подзоне южной тайги, шестой и седьмой - в зоне смешанных лесов. В северной части региона преобладают крупные болотные массивы, в направлении с юга на север увеличивается количество и площадь верховых болот и соответственно уменьшается процент низинных. Основная часть мелиоративного фонда сосредоточена в подзоне средней тайги. На избыточно увлажненных площадях преобладают еловые, затем сосновые и березовые древостои. Большое распространение заболоченных березняков обусловлено частыми пожарами, в результате которых коренные сосновые насаждения сменяются производными. Преобладающими среди заболоченных и болотных лесов являются долгомошные, сфагновые и приручейные типы леса, большую площадь занимают травяно - болотный и осоко - сфагновый типы леса. По типам условий местопроизрастания преобладают древостои на торфянисто - подзолистых почвах – 39,5 %, затем древостои на низинных болотах – 29,4 %, древостои на переходных болотах – 14,4 %, на верховых болотах – 16,7 %.

Основные исследования проводились в Кировской области на Быстрицком и Совынском лесоболотных массивах, в Пермской области на Сюзьвинском, Ласьевенском, Гайнском болотах, в Нижегородской области на Казанском болоте и болоте Альцевский мох, а также в Республике Марий Эл на Чернушинском болоте и в урочище Лебедань. Почвенно – климатические условия объектов исследования являются типичными для заболоченных лесов Волжско – Камского междуречья, а в отдельных случаях, и для других регионов, где образование торфяников происходило при высоком стоянии ПГВ. Поверхностное залегание коренных пород, богатых известью и солями, обусловило высокую минерализацию ПГВ, и привело к преобладанию низинного типа торфообразования. Поэтому, несмотря на то, что климатические, геологические, геоморфологические и гидрологические условия региона благоприятствуют избыточному увлажнению, гидролесомелиоративный фонд характеризуется высоким потенциальным плодородием торфяных почв.

В третьем разделе рассмотрен режим грунтовых вод под еловыми, сосновыми и березовыми насаждениями, а также его влияние на производительность древостоя.

Для установления режима ПГВ в ельниках проведены исследования в наиболее распространенных типах леса на пробных площадях, характеризующих насаждения с I по V классы бонитета. На минеральных почвах изучались ельники кисличный I – II классов бонитета, чернично - брусничный II класса бонитета, черничный III класса бонитета. На торфяных почвах низинного типа заболачивания – ельники разнотравно - зеленомошный IV класса бонитета, приручейный IV класса бонитета, болотно - разнотравный IV класса бонитета, сфагново - разнотравный V класса бонитета. Все типы ельников тесно связаны с режимом ПГВ (табл. 1). Связь уровня ПГВ с типами леса более тесная, чем с классами бонитета.

Условно, по различию режима ПГВ можно выделить 3 группы сосновых насаждений: недостаточно, оптимально и избыточно увлажненные. К первой группе относятся сосняки лишайниковый и мшисто - лишайниковый, характеризующиеся III - V классами бонитета. Сосняк лишайниковый отличается, в основном, сухостью и низкой трофностью почв, ему характерно глубокое стояние УГВ (более 2 м) и общее запаздывание реакции грунтовых вод на выпадение осадков, а также полное отсутствие резких пиков в течение четырех сезонных фаз колебаний грунтовых вод, и повышение класса бонитета с возрастом (табл. 1).

Насаждения более благоприятного увлажнения представлены мшистым, брусничным и черничным типами леса, произрастающими на от-

носительно бедных песчаных почвах различной влажности. Сосняки мшистые отличаются недостаточным увлажнением. Сосняки черничные, наоборот, характеризуются времененным переувлажнением. Близким к оптимальному по степени увлажнения может быть назван лишь сосновка брусничный свежий. Насаждения занимают дюнныесхолмления, понижения между которыми заболочены. Древостои представлены чистыми сосновками с примесью бересков и ели и характеризуются высокой производительностью I - II класса бонитета.

Насаждения на избыточно увлажненных почвах верхового типа заболачивания представлены сосновками V - V_b классов бонитета. Сосновые насаждения на верховых болотах делятся по условиям произрастания и режиму ПГВ на два типа леса: сосновка кустарничково - сфагновый и сосновка пущево - сфагновый. Сосновка пущево - сфагновый, отличается большей обводненностью и меньшей производительностью. Здесь доминируют древостои V_b класса бонитета. Насаждения на торфяных почвах переходного типа, расположенные в заторфованных слабосточных понижениях, представлены осоково - сфагновым и чернично - сфагновым типами леса, в основном, IV - V классов бонитета. По степени проточности ПГВ близок к древостоям на переходных болотах сосновка долгомошный, характеризующийся двумя подтипами: багульниково - долгомошный и сфагново - долгомошный. Сосновка багульниково - долгомошный произрастает на торфянисто - подзолистых почвах и отличается более глубоким стоянием уровня ПГВ. Сосновка сфагново - долгомошные встречаются, в основном, на торфянисто - подзолистых, торфяно - подзолистых и торфяно - глеевых почвах с высоким стоянием ПГВ. Сосновые насаждения на низинных болотах представлены травяно - болотной группой типов леса. Им характерна хорошая проточность грунтовых вод и высокая зольность корнеобитаемого горизонта торфа (около 10 %). Сосновка травяно - болотный по типологии, предложенной Н.И.Пьявченко (1959), делится на болотно - разнотравный, осоково - тростниковый и сфагново - разнотравный. В наиболее неблагоприятных гидрологических условиях расположен сосновка болотно - разнотравный (табл. 1).

Березняки на почвах избыточного увлажнения в условиях региона исследования представлены небольшим разнообразием типов условий местопроизрастания. Согласно Н.И.Пьявченко (1959) в лесной зоне распространены березняки болотно - разнотравный, осоково - тростниковый на низинных болотах и осоково - сфагновый на переходных болотах, а также березняки - черничные на периодически переувлажняемых минеральных почвах.

Таблица 1. Среднемесячная динамика ПГВ под насаждениями различного состава и типа леса

Тип леса	Класс бонитета	Среднемесячный уровень ПГВ, см							Среднее за V - IX за год
		V	VI	VII	VIII	IX	За V - IX	за год	
Ельник кисличный	I	17	47	87	111	130	78	76	76
Ельник бруснично-черничный	II	38	63	97	113	123	87	75	75
Ельник черничный	III	26	48	73	84	90	64	55	55
Ельник разнотравно-зеленошеннощий	IV	+4	5	29	43	44	23	21	21
Ельник болотно-разнотравный	IV	+5	3	23	42	34	19	19	19
Ельник сфагново-разнотравный	V	+10	+1	16	37	26	14	8	8
Ельник приручейный	IV	+6	5	25	44	38	21	11	11
Сосновка лиственниковый	IV	262	263	277	285	289	275	271	271
Сосновка мшисто-лишайниковый	III	173	181	192	203	206	191	204	204
Сосновка мшистый	II	126	136	154	178	182	155	163	163
Сосновка брусничный	I	72	92	101	111	114	98	98	98
Сосновка кисличный	Ia	21	35	60	90	110	63	81	81
Сосновка черничный свежий	I	35	61	72	85	87	68	78	78
Сосновка черничный влажный	II	21	41	50	65	68	49	59	59
Сосновка долгомошный	III	23	35	45	51	46	40	-	-
Сосновка сфагново-долгомошный	III	8	15	19	24	19	17	16	16
Сосновка багульниковый	IV	8	20	17	32	32	22	-	-
Сосновка кустарничково-сфагновый	Va	+4	6	18	24	15	12	13	13
Сосновка пущево-сфагновый	Vb	0,5	5	7	11	8	6	-	-
Сосновка осоково-сфагновый	Va	+5	1	5	13	12	5	4	4
Сосновка сфагново-разнотравный	V	+7	+1	4	12	8	3	2	2
Сосновка осоково-тростниковый	V	+3	1	1	4	2	1	-	-
Сосновка болотно-разнотравный	IV	1	8	19	38	24	16	16	16
Березняк черничный	III	14	34	52	68	56	45	37	37
Березняк болотно-таволовый	III	+6	6	29	51	40	24	18	18
Березняк кочкарно-осоковый	IV	+7	2	16	38	25	15	6	6
Березняк осоково-сфагновый	V	+11	+3	8	25	14	7	0	0

Березовые насаждения на торфяных почвах представлены древостоями от III до V классов бонитета. Такое различие в производительности указывает на значительную реакцию березняков на изменение условий местопроизрастания и, прежде всего, на режим ПГВ (табл. 1). Березовые насаждения по почвенно - гидрологическим условиям подразделяются на две группы: березняки на песчаных почвах и на торфяных почвах низинного и переходного типа.

Зависимость изменения запаса древостоя от уровня ПГВ (рис. 1), от начального до некоторого характерного, соответствующего максимальной производительности для всех типов древесных насаждений, описывается уравнением регрессии:

$$\text{для еловых древостоев } y(x) = 445,2 \cdot (1 - e^{-0,038x}); \quad (1)$$

$$\text{для сосновых древостоев } y(x) = 567,6 \cdot (1 - e^{-0,014x}); \quad (2)$$

$$\text{для березовых древостоев } y(x) = 390,3 \cdot (1 - e^{-0,018x}), \quad (3)$$

где y - запас древесины, $\text{м}^3/\text{га}$; x - уровень ПГВ, см.

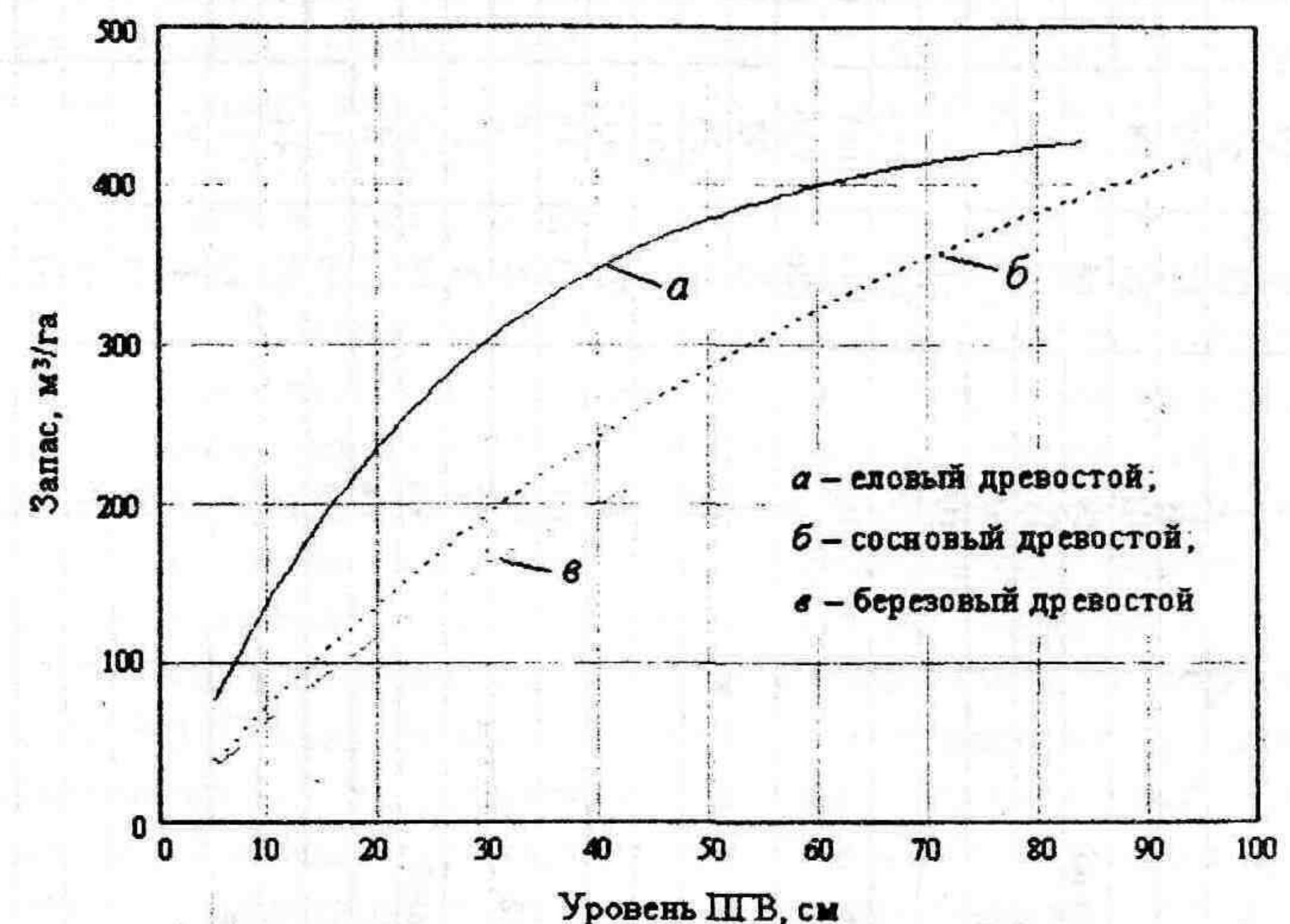


Рис. 1. График изменения зависимости запаса древесины от уровня ПГВ

Для оптимизации процесса определения ПГВ разработаны дистанционные электроимпульсные средства контроля, позволяющие проводить исследования значительных площадей в сжатые сроки без применения масштабных земляных работ (Корепанов, 1997).

В четвертом разделе исследована динамика ПГВ болот и ее влияние на рост древостоев.

Для характеристики условий роста и развития древостоев, кроме данных по режиму ПГВ в течение сезона года, важное значение имеет продолжительность затопления корневых систем, которая в различных типах леса имеет свои специфические особенности.

В группе ельников на минеральных почвах закономерна наименьшая подтопляемость горизонтов почвы в бруснично - черничном типе леса (табл. 2). В то же время, продолжительность подтопления почвенных горизонтов в ельнике кисличном немного больше, чем в черничничном. При этом средневегетационный УГВ в ельнике черничном стоит выше, чем в кисличном.

Таблица 2. Продолжительность подтопления почвенных горизонтов в основных типах еловых насаждений

Горизонты подтопления, см	Кислич- ный	Брус- нично- чернич- ный	Чернич- ный	Продолжительность подтопления, сутки		
				Разно- травно- зелено- мошный	Болотно- таволго- вый	Приру- чайный
Выше 0	0 0	0 0	0 0	31; 42 46	31; 51 64	31; 41 61
0 - 10	9; 9 9	0 0	2; 2 2	31; 54 74	31; 58 91	31; 52 75
11 - 20	15; 17 17	3; 3 3	10; 12 12	31; 60 88	31; 61 105	31; 59 85
21 - 30	21; 27 23	7; 9 9	18; 23 26	31; 61 100	31; 61 108	31; 61 96
31 - 50	31; 45 53	21; 31 37	30; 44 66	31; 61 124	31; 61 135	31; 61 122
51 - 75	31; 60 85	31; 48 71	31; 60 92	31; 61 150	31; 61 153	31; 61 153
76 - 100	31; 61 97	31; 61 94	31; 61 117	31; 61 153	31; 61 153	31; 61 153

Примечание: первая цифра числителя – продолжительность подтопления в мае; вторая цифра – продолжительность подтопления за май – июнь; цифра в знаменателе – продолжительность подтопления за май – сентябрь.

Продолжительность подтопления почвенных горизонтов в ельниках на глубоких торфяных почвах по типам леса носит общий характер высокой обводненности. Значительных отличий в продолжительности подтопления не наблюдается. Причем, продолжительность подтопления в ельнике разнотравно - зеленомошном и приручайном на всю исследуемую глубину почвы практически одинакова.

Продолжительность подтопления почвенных горизонтов в сосновых и березовых насаждениях (табл. 3, 4) тесно связана с определенным типом леса. Она, как и показатели режима грунтовых вод, указывает на неблагоприятные почвенно - гидрологические условия насаждений, произрастающих на торфяных почвах.

Таблица 3. Продолжительность подтопление почвенных горизонтов в основных типах сосновых насаждений

Горизонты подтопления, см	Мшистый	Брусничный	Черничный свежий	Кустарничково-сфагновый	Пушице-во-сфагновый	Осоково-сфагновый	Болотно-разнотравный
Продолжительность подтопления, сутки							
Выше 0	0	0	0	7; 12	10; 16	20; 35	13; 15
	0	0	0	28	28	52	15
0 - 10	0	0	0	30; 50	31; 50	31; 56	31; 50
	0	0	0	92	110	111	83
11 - 20	0	0	8; 9	31; 58	31; 61	31; 61	31; 61
	0	0	9	128	138	141	118
21 - 30	0	2; 2	13; 13	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61
	0	2	13	153	153	153	153
31 - 50	0	9; 10	25; 32	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61
	0	10	34	153	153	153	153
51 - 75	1; 1	19; 27	31; 51	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61
	1	30	76	153	153	153	153
76 - 100	7; 8	31; 57	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61
	8	86	110	153	153	153	153

Таблица 4. Продолжительность подтопления почвенных горизонтов в избыточно увлажненных типах березовых насаждений

Горизонты подтопления, см	Черничный	Болотно-таволговый	Кочкарно-осоковый	Осоково-тросниковый
Продолжительность подтопления, дни				
Выше 0	0	30; 36	31; 50	31; 56
	0	47	73	88
0 - 10	6; 6	31; 51	31; 60	31; 61
	6	73	94	110
11 - 20	19; 26	31; 58	31; 61	31; 61
	28	86	113	127
21 - 30	23; 37	31; 60	31; 61	31; 61
	53	96	127	137
31 - 50	30; 50	31; 61	31; 61	31; 61
	80	120	141	153
51 - 75	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61
	121	144	152	153
76 - 100	31; 61	31; 61	31; 61	31; 61
	153	150	153	153

Следовательно, каждому типу леса соответствует определенный период подтопления того или иного горизонта почвы, который, наряду с почвенно - климатическими условиями, определяет тип леса. Зная периоды подтопления горизонтов почвы в каждом типе леса, можно с помощью осушения направленно регулировать водный режим.

Суточная динамика ПГВ в каждом типе леса также имеет свои особенности. В сумме эвапотранспирация и сток составляют в сутки не более 1,5 см, с колебаниями от 0,4 до 1,5 см и при скорости 0,02 – 0,06 см/час. В то же время, скорость подъема грунтовых вод в результате осадков значительно выше и достигает 0,52 см/час (0,07 – 0,52 см/час). Практически во всех избыточно увлажненных лесных землях отток и суммарное испарение не способны значительно понизить ПГВ во влажные и средние по увлажнению годы и обеспечить их быстрый сброс из корнеобитаемых горизонтов почвы в весенний и летний периоды (табл. 5).

Таблица 5. Сезонная динамика ПГВ на избыточно увлажненных лесных землях

Тип леса	Весенний максимум		Летний минимум		Величина летнегопускания, см	Среднесуточное опускание, см
	Дата	Глубина, см	Дата	Глубина, см		
Е. разнотравно - зелено-мошный	3.05	+11	2.09	48	59	0,49
Е. болотно-разнотравный	1.05	+19	5.09	55	73	0,57
Е. сфагново-разнотравный	1.05	+24	2.09	48	72	0,58
Е. приручейный	19.04	+29	29.08	54	83	0,62
С. долгомошный	30.04	12	29.08	57	45	0,37
С. чернично-сфагновый	1.05	7	28.08	40	33	0,28
С. багульниково-сфагновый	1.05	+7	28.08	28	35	0,29
С. кустарничково-сфагновый	1.05	+11	28.08	29	40	0,34
С. пушицево-сфагновый	1.05	+1	28.08	12	13	0,11
С. осоково-сфагновый	30.04	+20	13.08	32	52	0,50
С. болотно-разнотравный	4.05	+5	28.08	40	45	0,39
С. сфагново-разнотравный	30.04	+15	2.09	35	50	0,40
Б. болотно-разнотравный	16.11	2	10.3	23	18	0,16
Б. болотно-разнотравный	16.11	+3	7.3	18	22	0,19
Б. кочкарно-осоковый	9.11	+8	27.3	8	16	0,11
Б. кочкарно-осоковый	9.11	+3	17.2	4	7	0,07
Б. осоково-тростниковый	16.11	+9	17.2	0	9	0,10

В пятом разделе рассмотрен режим ПГВ еловых, сосновых и бересковых насаждений на осушаемых верховых, переходных и низинных болотах.

Осушение оказало существенное влияние на производительность древостоев. В связи с понижением уровня ПГВ, снижается продолжительность подтопления почвенных горизонтов (табл. 6). Чем интенсивнее осушение, тем меньше продолжительность подтопления, а верхние горизонты почвы свободны от влаги. Это способствует развитию корневой системы древостоя и проникновению ее в более глубокие слои торфяных почв. Усиливается процесс минерализации торфов, что увеличивает их богатство. Все это способствует повышению производительности лесов на осушаемых болотах.

Проведенный анализ сезонной динамики ПГВ показал, что наиболее благоприятный режим увлажнения для древесной растительности создается не только оптимальным уровнем ПГВ. Большое значение имеет быстрый сброс ПГВ из корнеобитаемых горизонтов почвы в весенний и летний периоды (табл. 7), их колебания в течение сезонов года, что обеспечивает воздушный и минеральный обмен между почвой, воздушной средой и грунтовыми водами.

Сезонной динамике характерны общие закономерности режима ПГВ: летнее понижение, прерываемое обильными осадками, осенний подъем, зимнее понижение и весенний резкий подъем. Для осушаемых лесных болот характерна значительная амплитуда колебания ПГВ по сезонам года и в течение вегетационного периода. Увеличивается продолжительность весеннего подъема, что обусловлено наличием древесного полога, снижающего интенсивность снеготаяния и способствующего переводу поверхностного стока во внутриводный. Чем богаче торфяные почвы, тем выше скорость снижения уровня ПГВ. Возрастание амплитуды колебания, увеличение скорости и величины понижения грунтовых вод существенно влияют на повышение производительности древостоев, произрастающих на осушаемых болотах.

Следовательно, даты наступления максимального подъема и понижения ПГВ необходимо учитывать при определении норм осушения.

Влияние осадков на суточную динамику ПГВ проявляется неодинаково. Наибольшую реакцию на них проявляют мезоолиготрофные болота, затем мезотрофные, евтрофные и олиготрофные. Характерно, что высокий подъем сопровождается быстрым спадом ПГВ, что обеспечивает общее их понижение в течение вегетационного периода.

Таблица 6. Подтопление почвенных горизонтов на осушаемых низинных болотах

Горизонты подтопления, см	Продолжительность подтопления (сутки) при различном удалении от осушителя, м					
	Ельник					
	1	20	45	90	130	180
Выше 0	0	0	0	4; 4	6; 6	18; 18
	0	0	0	4	6	18
0 – 10	0	4; 4	7; 7	26; 31	29; 40	31; 49
	0	4	7	31	40	50
11 – 20	6; 6	18; 18	28; 35	31; 49	31; 53	31; 54
	6	18	40	60	67	78
21 – 30	13; 13	17; 29	31; 41	31; 53	31; 61	31; 61
	13	29	41	76	94	113
31 – 50	24; 27	31; 32	31; 51	31; 61	31; 61	31; 61
	27	60	70	107	152	153
51 – 75	31; 37	31; 53	31; 57	31; 61	31; 61	31; 61
	87	106	139	153	153	153
Сосняк						
	1	10	20	90	105	140
Выше 0	0	0	0	0	0	10; 10
	0	0	0	0	0	10
0 – 10	0	0	0	6; 7	10; 13	14; 35
	0	0	0	7	13	40
11 – 20	0	0	0	19; 22	28; 35	29; 43
	0	0	0	22	38	51
21 – 30	0	0	5; 5	27; 36	30; 44	31; 50
	0	0	7	41	58	70
31 – 50	0	16; 22	30; 38	31; 52	31; 51	31; 57
	0	24	45	75	91	103
51 – 75	6; 6	31; 58	31; 53	31; 61	31; 61	31; 61
	7	98	93	81	108	123
Березняк						
	25	50	100	150		
Выше 0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
0 – 10	0	0	0	0	6; 6	6
	0	0	0	0		21
11 – 20	0	0	0	0		33
	0	0	0	0		31; 33
21 – 30	0	0	0	0	0	31; 56
	0	0	0	0	56	56
31 – 50	0	0	0	0		31; 61
	0	0	0	0		94
51 – 75	23; 23	27; 27	30; 30	30		
	23	27	30			

Большое влияние на интенсивность осушения оказывает техническое состояние осушительных каналов и расстояние между ними. Отмечена значительная связь между типом болота и степенью повреждения осушительной сети.

Таблица 7. Сезонная динамика ПГВ осушаемых болот

Удаление от канала	Весенний подъем			Летнее понижение		
	Продолжительность, сутки	Величина, см	Скорость, см/сут	Продолжительность, сутки	Величина, см	Скорость, см/сут
Ельники на низинном болоте, расстояние между осушителями 180 м						
1	22	61	2,77	108	78	0,72
20	22	63	2,87	108	77	0,71
45	23	58	2,52	108	77	0,71
90	23	59	2,56	108	71	0,66
45	22	54	2,45	104	53	0,51
20	22	56	2,55	104	56	0,54
1	23	46	2,00	104	44	0,42
Сосняки на верховом болоте, расстояние между осушителями 50 м						
1	44	44	1,00	133	43	0,32
5	46	45	0,98	133	55	0,41
25	45	50	1,11	133	43	0,32
5	43	46	1,07	149	39	0,26
1	48	44	0,92	149	41	0,27
Сосняки на переходном болоте, расстояние между осушителями 50 м						
1	34	38	1,12	148	72	0,49
5	34	41	1,21	148	67	0,45
25	34	40	1,18	148	61	0,41
5	34	46	1,32	148	64	0,50
1	34	41	1,21	148	75	0,51
Сосняки на низинном болоте, расстояние между осушителями 180 м						
1	58	26	0,45	116	40	0,34
20	58	49	0,84	116	68	0,59
90	58	62	1,07	116	73	0,63
20	58	63	1,09	116	79	0,68
1	58	52	0,90	116	67	0,58

Для выбора оптимальных сроков ремонта каналов и интенсивности осушения в Северном научно – исследовательском институте лесного хозяйства (Тараканов, 1999) предложено уравнение определения количественного изменения класса бонитета лесорастительных условий (КБЛУ) при изменении параметров гидромелиоративной сети

$$B = B_0 + B_1 \cdot h + B_2 e^{-h} + B_3 \cdot h \cdot L + B_4 \cdot L, \quad (4)$$

где B - класса бонитета лесорастительных условий; h - глубина каналов, м; L - расстояние между каналами, м; B_0, B_1, B_3, B_4 – коэффициенты

уравнения для каждого типа условий места произрастания древостоя (Тараканов, 2000).

Уравнение (4) носит статичный характер. Для проверки его адекватности к условиям региона исследования в программной математической среде MathCAD с шагом прогноза 10 лет (рис. 2) в уравнение была введена переменная ВК (класс бонитета до осушения).

Сравнение результатов расчетного и натурного (табл. 8) изменения класса бонитета после осушения показывает возможность применения уравнения, являющегося частью имитационной модели созданной для прогнозирования технического состояния гидролесомелиоративной сети и продуктивности осушаемых сосняков и ельников Севера России в условиях Волжско – Камского междуречья на болотах при средней глубине каналов 1 метр. Более высокий расчетный класс бонитета показывает необходимость в хорошем содержании осушительной сети и увеличении глубины каналов от 1,3 до 1,5 метров (Корепанов, 1984).

С учетом хода роста древостоев необходимо намечать ремонт осушительной сети на низинных болотах через 5 лет, на переходных – через 10 лет, на верховых – через 15 лет.

```

BJ(t) := h ← 12
          BK ← 5
          for DT ∈ 0..t
            BJ ← BK - DT · [B0 + B1 · h + B2 · e⁻ʰ + B3 · (h · L) + B4 · L]
            if BJ < 1
              BJ ← 1
          endfor
        
```

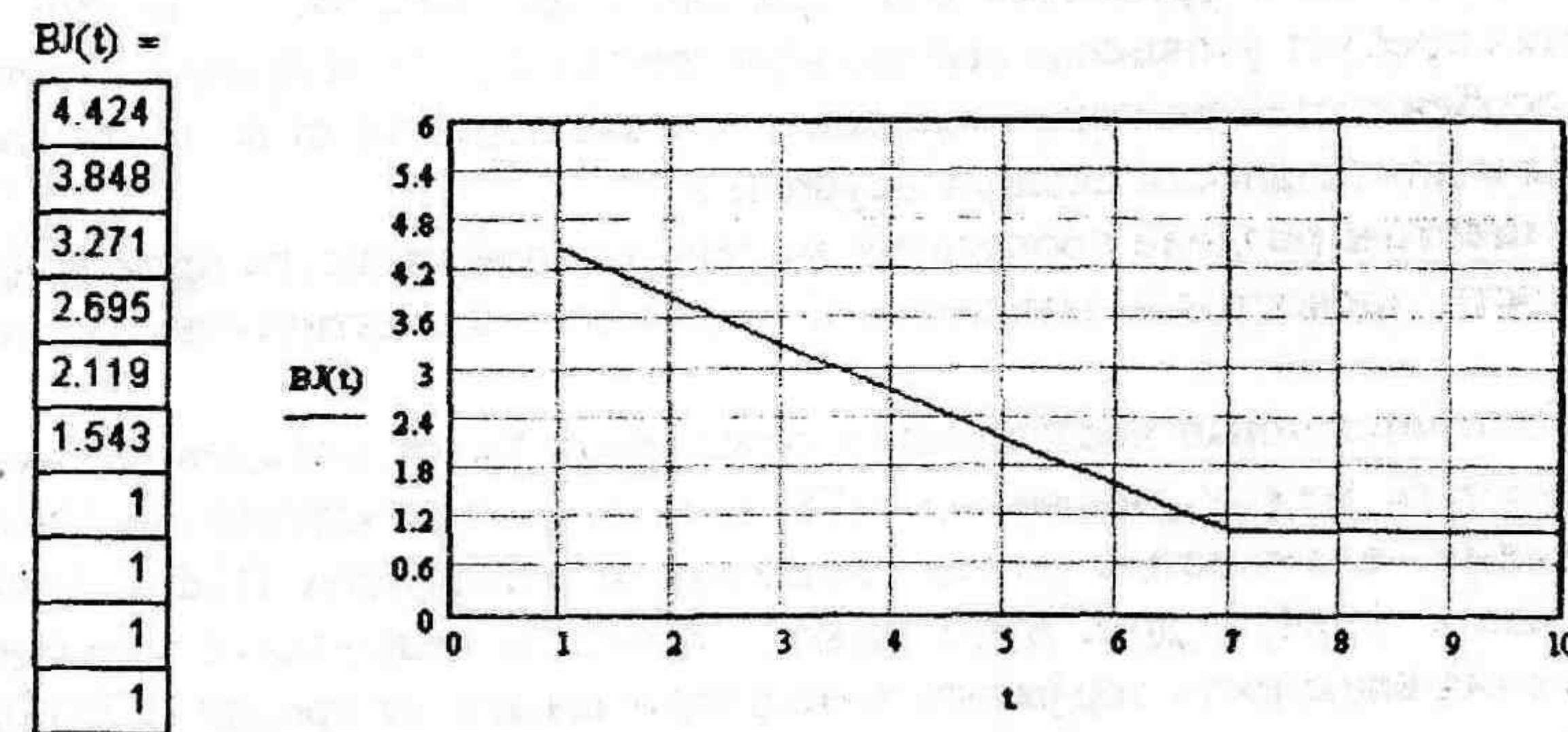


Рис. 2. Результаты расчета прогноза КБЛУ сосняка травяно – сфагнового на низинных торфяных почвах

Таблица 8. Сравнение результатов расчетного и натурного изменения класса бонитета сосняков и ельников после осушения

Расстояние от канала, м	Возраст, лет	Давность осушения, лет	Класс бонитета					
			До осушения	После осушения	Расчетный	r	m_r	
Верховые торфяные почвы (сосняк)								
10	52	10	V,5	III,8	II,4	0,33	0,45	
100	50	10	V,5	III,9	II,0			
15	52	17	IV,5	II,0	II,4			
40	87	10	V,7	V,5	II,6			
Переходные торфяные почвы (сосняк)								
20	130	18	IV,9	IV,0	II,3	0,77	0,18	
20	60	21	III,7	I,7	I,0			
50	50	20	IV,5	I,9	II,0			
20	90	20	IV,0	III,4	I,1			
80	70	20	IV,0	II,2	I,8			
Низинные торфяные почвы (сосняк)								
10	80	20	II,0	I,2	I,0	0,96	0,035	
20	46	19	III,4	I,8	II,0			
30	120	10	II,9	II,0	II,3			
20	81	15	III,4	II,2	II,3			
20	77	15	III,2	I,8	II,1			
Низинные торфяные почвы (ельник)								
20	110	30	III,8	III,2	III,0	0,97	0,026	
50	110	30	III,8	III,6	III,4			
10	90	30	III,7	II,6	II,7			
20	90	30	III,7	II,8	II,9			
70	90	30	III,7	II,9	III,6			

Применение уравнения для практических расчетов на верховых болотах требует уточнения его коэффициентов с учетом лесорастительных особенностей региона исследования в зависимости от возраста древостоя и длительности периода осушения.

В шестом разделе проводится моделирование процесса производительности древостоя в зависимости почвенно – климатических факторов.

Многочисленные исследования осушаемых болот показали тесную зависимость между динамикой ПГВ и основными гидрологическими условиями: влажностью почвы, осадками и испарением (Сабо, 1989, Корепанов, 1984, и др.). В Волжско – Камском междуречье характер изменения влажности торфяных почв в зависимости от уровня ПГВ при условии относительно равномерного распределении количества выпавших осадков и температуры воздуха по месяцам за период с мая по сентябрь, может быть наиболее достоверно описан экспоненциальным рас-

пределением (рис. 3, табл. 9).

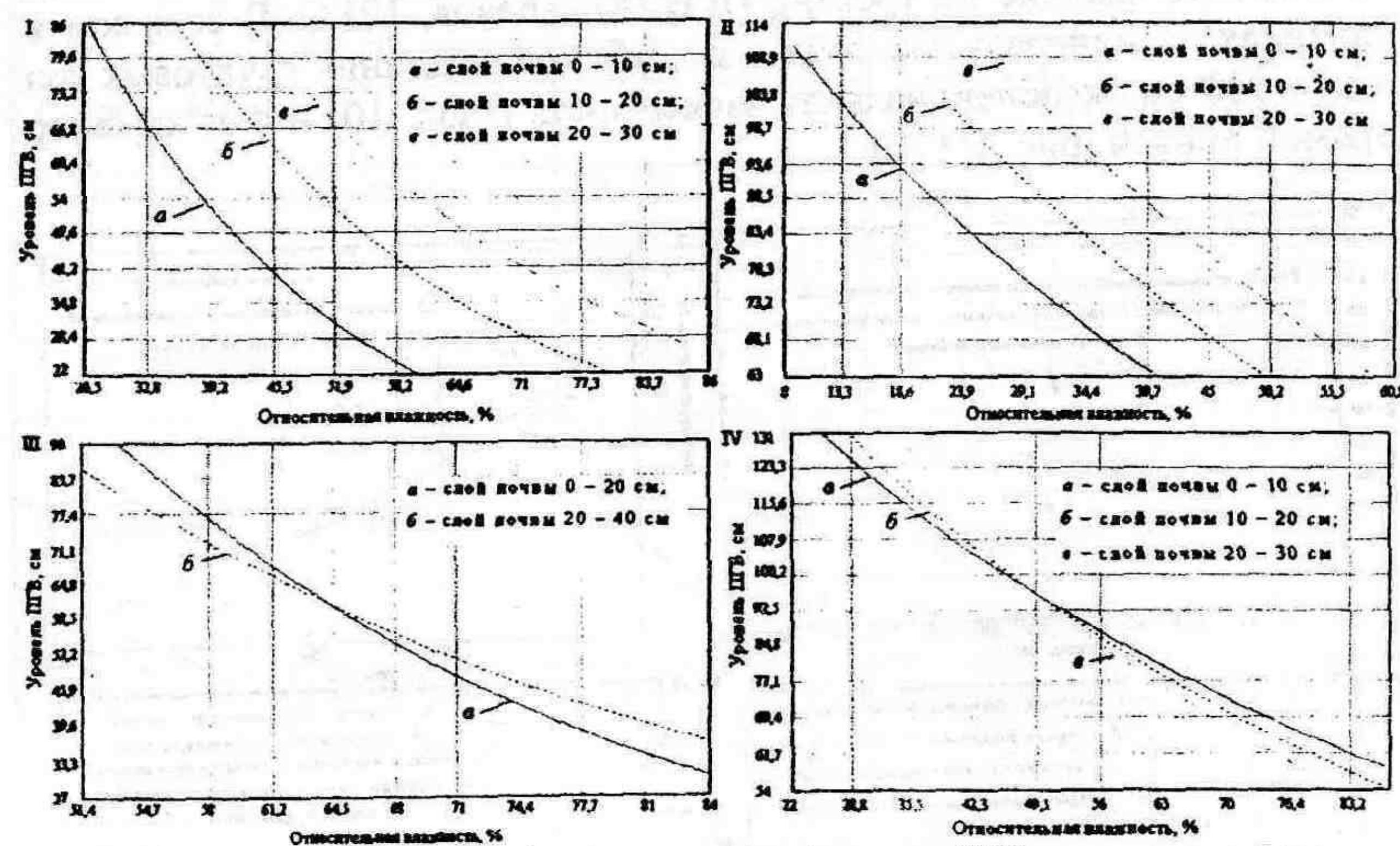


Рис. 3. Изменение влажности торфяных почв в зависимости от ПГВ на осушаемых болотах:
I - верховом; II – мезоолиготрофном; III – переходном; IV - низинном

Таблица 9. Зависимость между уровнем ПГВ (Y) и влажностью торфяных почв (X)

Тип болота	Слой почвы, см	r	m_r	Уравнение
Олиготрофное осушаемое	0-10	0,951	0,043	$Y(X) = 256,23 \cdot e^{-0,041 \cdot X}$
	10-20	0,971	0,026	$Y(X) = 259,58 \cdot e^{-0,031 \cdot X}$
	20-30	0,956	0,038	$Y(X) = 261,58 \cdot e^{-0,024 \cdot X}$
Мезоолиготрофное осушаемое	0-10	0,937	0,055	$Y(X) = 129,72 \cdot e^{-0,018 \cdot X}$
	10-20	0,931	0,060	$Y(X) = 153,73 \cdot e^{-0,018 \cdot X}$
	20-30	0,887	0,095	$Y(X) = 171,88 \cdot e^{-0,017 \cdot X}$
Мезотрофное осушаемое	0-20	0,974	0,015	$Y(X) = 579,09 \cdot e^{-0,035 \cdot X}$
	20-40	0,801	0,108	$Y(X) = 324,27 \cdot e^{-0,026 \cdot X}$
Евтрофное осушаемое	0-10	0,976	0,021	$Y(X) = 181,41 \cdot e^{-0,013 \cdot X}$
	10-20	0,973	0,024	$Y(X) = 200,13 \cdot e^{-0,015 \cdot X}$
	20-30	0,968	0,028	$Y(X) = 219,50 \cdot e^{-0,017 \cdot X}$

Количество выпавших летних атмосферных осадков оказывает существенное влияние на уровень ПГВ (Корепанов, 1984). В сосновых и ельниках на минеральных почвах с глубиной залегания грунтовых вод выше 100 см экспоненциальная зависимость (табл. 10) имеет характер прямой линией (рис. 4, I, II).

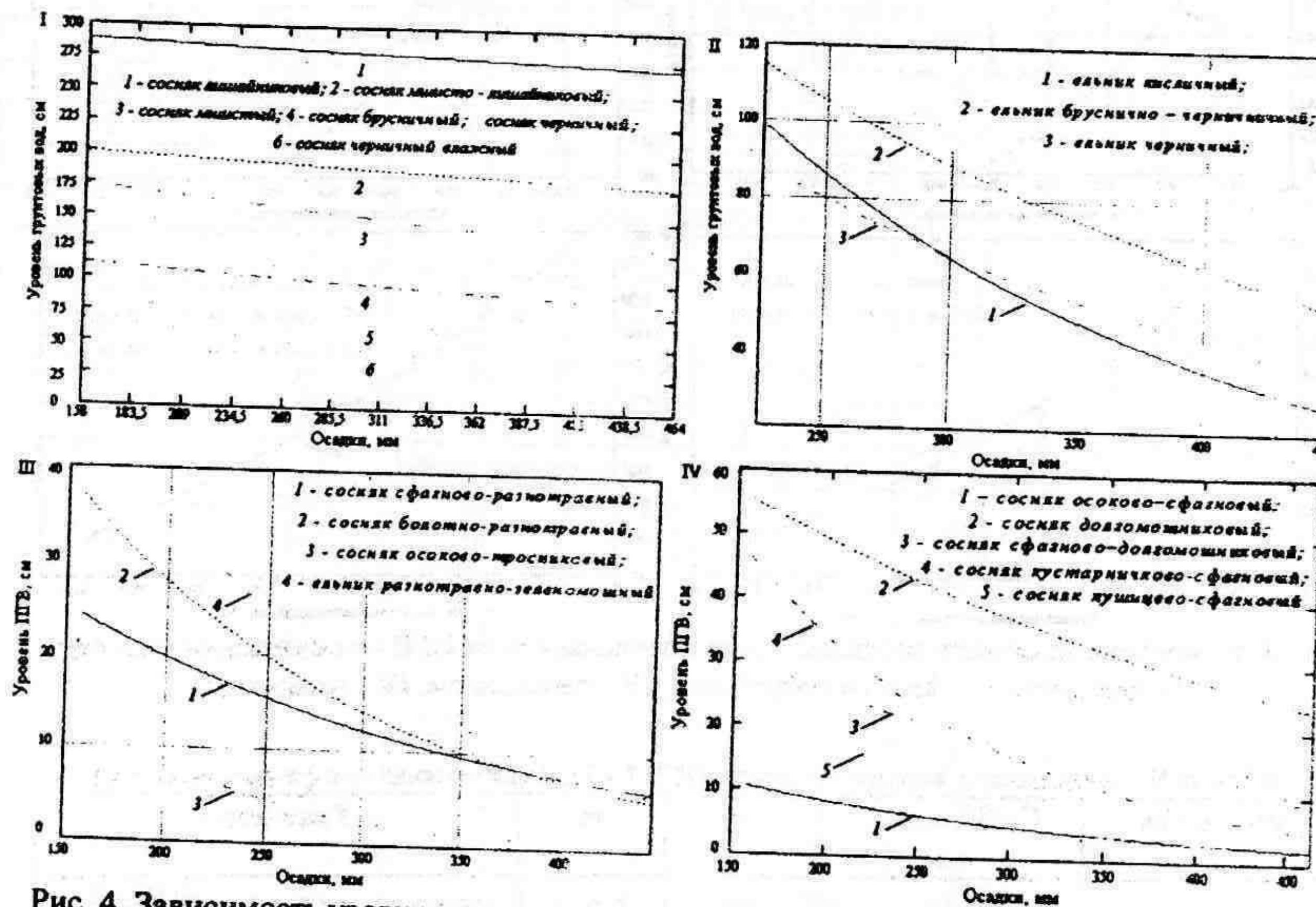


Рис. 4. Зависимость уровня грунтовых вод от суммы осадков вегетационного периода:
I, II – на минеральных почвах; III, IV – на торфяных почвах

На торфяных почвах в условиях избыточного увлажнения средняя ошибка аппроксимации полевых данных значительно возрастает, но в то же время обратная связь остается достаточно тесной (табл. 10), что позволяет по приведенным графикам (рис. 4, III, IV) определять средневегетационный уровень ПГВ через количество выпавших осадков.

Между глубиной залегания грунтовых вод и испаряемостью также существует высокая прямая связь (табл. 11).

Таким образом, глубина стояния ПГВ существенно зависит от выпавших осадков вегетационного периода и испаряемости, следовательно, можно с большой долей достоверности прогнозировать изменения ПГВ по приведенным климатическим факторам региона исследования и наоборот.

Таблица 10. Характер зависимости между ПГВ и осадками в сосновых и еловых насаждениях

Тип леса	r	m_r	Уравнение
Насаждения на минеральных почвах			
С. лишайниковый	0,509	0,283	$Y(X) = 296,96 \cdot e^{-0,0002 \cdot X}$
С. мшисто-лишайниковый	0,523	0,275	$Y(X) = 212,30 \cdot e^{-0,0004 \cdot X}$
С. мшистый	0,953	0,041	$Y(X) = 202,88 \cdot e^{-0,0010 \cdot X}$
С. брусничный	0,848	0,115	$Y(X) = 129,96 \cdot e^{-0,0010 \cdot X}$
С. черничный	0,857	0,108	$Y(X) = 105,07 \cdot e^{-0,0015 \cdot X}$
С. черничный влажный	0,842	0,092	$Y(X) = 103,50 \cdot e^{-0,0027 \cdot X}$
Е. кисличный	0,945	0,044	$Y(X) = 358,07 \cdot e^{-0,0057 \cdot X}$
Е. бруснично-черничниковый	0,929	0,048	$Y(X) = 246,36 \cdot e^{-0,0034 \cdot X}$
Е. черничный	0,939	0,042	$Y(X) = 211,33 \cdot e^{-0,0039 \cdot X}$
Насаждения на низинных болотах			
С. сфагново-разнотравный	0,998	0,016	$Y(X) = 0,98 \cdot e^{-0,0048 \cdot X}$
С. болотно-разнотравный	0,972	0,023	$Y(X) = 107,69 \cdot e^{-0,0068 \cdot X}$
С. осоково-тросниковый	0,905	0,081	$Y(X) = 113,33 \cdot e^{-0,0129 \cdot X}$
Е. разнотравно-зеленошомный	0,986	0,014	$Y(X) = 186,08 \cdot e^{-0,0065 \cdot X}$
Насаждения на переходных болотах			
С. осоково-сфагновый	0,849	0,125	$Y(X) = 24,92 \cdot e^{-0,0055 \cdot X}$
С. сфагново-долгомошный	0,855	0,110	$Y(X) = 55,12 \cdot e^{-0,0039 \cdot X}$
С. долгомошный	0,806	0,143	$Y(X) = 85,96 \cdot e^{-0,0028 \cdot X}$
Насаждения на верховых болотах			
С. кустарничково-сфагновый	0,783	0,173	$Y(X) = 153,53 \cdot e^{-0,0076 \cdot X}$
С. пущево-сфагновый	0,827	0,141	$Y(X) = 179,72 \cdot e^{-0,0111 \cdot X}$

На производительность насаждений влияет не только уровень ПГВ, но и качественная характеристика торфяных почв, в которых после понижения уровня ПГВ наблюдается уплотнение, повышение микробиологической деятельности и разложение торфов. Все это улучшает агротехнические показатели, что, наряду с понижением уровня ПГВ, приво-

дит к росту производительности осушаемых древостоев.

Таблица 11. Зависимости между ПГВ и испаряемостью на осушаемых болотах

Тип болота	r	m	Уравнение
Верховое	0,993	0,056	$Y(X) = 0,0023 \cdot e^{0,0241 \cdot X}$
Переходное	0,816	0,084	$Y(X) = 0,0603 \cdot e^{0,0120 \cdot X}$
Низинное	0,976	0,013	$Y(X) = 0,1012 \cdot e^{0,0117 \cdot X}$

Проведенные исследования подтверждают общепризнанные выводы о том, что на торфяных почвах в верхних горизонтах сосредоточена основная масса подвижных форм NPK. В то же время, содержание кальция и магния с глубиной несколько возрастает, соответственно меняется кислотность. Зольность торфяных почв имеет общую тенденцию к уменьшению с глубиной независимо от интенсивности осушения и типа болотной залежи. В течение вегетационного периода зольность меняется незначительно, однако, с увеличением проточности она возрастает. Высокая зольность верхних горизонтов почвы на верховых болотах обусловлена частыми пожарами и приносом пыли с окружающих суходолов (Пьявченко, 1971). Проявляется общая тенденция снижения кислотности и увеличения зольности при переходе от верховых к низинным болотам.

Исследования, проведенные в Волжско – Камском междуречье, подтвердили общепризнанное мнение об отрицательном влиянии осушения на температурный режим торфяных почв. В то же время, необходимо отметить, что залесение осушаемых болот, наряду со снижением температуры почвы в весенне - летний период, уменьшает амплитуду колебания температур на поверхности почвы, нивелируя отрицательные стороны осушения.

Температурный режим на поверхности за вегетационный период можно представить в виде мультипликативной функции (Поздеев, 2002) от температуры почвы на глубине

$$\text{для осушаемого верхового болота } T(t_1, t_2, t_3) = e^{t_1^{4,667} \cdot t_2^{-2,06} \cdot t_3^{2,343}} ; \quad (8)$$

$$\text{для осушаемого переходного } T(t_1, t_2, t_3) = e^{t_1^{3,07} \cdot t_2^{0,99} \cdot t_3^{-3,73}} ; \quad (9)$$

$$\text{для осушаемого низинного } T(t_1, t_2, t_3) = e^{t_1^{1,55} \cdot t_2^{-0,073} \cdot t_3^{-1,78}} , \quad (10)$$

где t_1, t_2, t_3 - температура почвы на глубине 10, 20, 30 см соответственно, $^{\circ}\text{C}$.

В седьмом разделе рассмотрена динамика производительности древостоев на осушаемых болотах и прилегающих суходолах.

В результате осушения болот улучшаются почвенно - гидрологические условия произрастания древесной растительности (табл. 12). Это приводит к тому, что открытые болота, вырубки, гари, редины и сенокосы после осушения быстро застают древесно - кустарниковой растительностью, изменяется живой напочвенный покров. На осушаемых верховых и мезоолиготрофных болотах естественное лесовозобновление происходит успешно, но в связи с низкой трофностью торфяных почв только сосной. Густота молодняков возрастает с увеличением интенсивности осушения. В то же время, в приканальной полосе, с более благоприятными почвенно - гидрологическими условиями в результате усиленной дифференциации и отпада число деревьев с возрастом сокращается быстрее, чем в экстенсивно осушаемой части болота.

Осушение переходных болот дает высокий лесоводственный эффект, сосновые молодняки повышают производительность с V до II класса бонитета, но такой эффективности осушение достигает только при глубине каналов более 1 м. Осушение сосновых древостоев на переходных болотах каналами глубиной около 1 м менее эффективно. В этом случае в приканальной полосе сосновый молодняк произрастает только по III классу бонитета, III классу бонитета соответствует также средний и текущий приросты. Как и на верховых болотах, естественное возобновление на осушаемых переходных болотах происходит успешно хвойными породами. Для регулирования густоты и состава молодняков сосны необходимо проведение рубок ухода.

Осушение не покрытых лесом низинных болот сопровождается зарастанием их лиственными породами. Для улучшения состава и снижения густоты подроста на осушаемых низинных болотах необходимо проведение рубок ухода сразу после смыкания полога лиственных молодняков. Наибольший лесоводственный эффект от осушения низинных болот может быть получен при их искусственном лесовостановлении или реконструкции малоценных лиственных молодняков.

Таким образом, осушение не покрытых лесом площадей в условиях региона исследования способствует хорошему естественному возобновлению и формированию хвойных древостоев на верховых и переходных болотах и лиственных на низинных.

В результате осушки сосновых молодняков на верховом болоте в приканальной полосе наблюдается повышение производительности древостоя с Vб до V - IV классов бонитета. В межканальной полосе при расстоянии между осушителями 25 и 50 метров класс бонитета сосняка

не превышает V. Таким образом, даже интенсивное осушение не дает заметного лесоводственного эффекта. Прирост сосняков на верховом болоте очень мал и незначительно отличается в древостоях, расположенных между осушителями и вдоль осушителя. Глубина каналов 0,5 – 0,7 метров, даже в приканальной полосе, не в состоянии обеспечить удовлетворительный режим увлажнения. Осушение верховых болот на больших площадях нецелесообразно, так как даже незначительное нарушение их гидрологического режима приводит к снижению урожайности ягодных кустарничков, не повышая прироста древостоя.

Таблица 12. Основные таксационные показатели сосновых и еловых древостоев на избыточно увлажненных землях до и после осушения

Период	Состав	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Средний возраст, лет	Полнота	Класс бонитета	Запас, м ³ /га
Мезоолиготрофное болото (сосняк)							
До осушения	10С	5,5	6,3	35	0,40	IV,5	38
После осушения	10С	7,9	8,2	46	0,78	IV,1	96
	10С	11,0	11,2	52	0,78	III,7	132
	10С	14,2	16,4	66	0,83	III,1	217
	10С	17,8	20,6	74	0,90	II,2	242
Мезотрофное болото (сосняк)							
До осушения	9С1Б	39	7,1	10,2	0,62	IV,9	108
После осушения	9С1Б	54	10,9	12,0	1,24	III,3	231
	9С1Б	61	13,5	17,0	1,02	II,7	258
	9С1Б	73	17,1	22,2	1,00	1,7	338
	8С1Б	81	18,3	23,0	0,95	1,8	286
Евтрофное болото (сосняк)							
До осушения	8С2Б,ед Ив,Ос	30	7,8	6,0	0,52	IV,2	46
После осушения	6С3Б1,Ив,ед.Ос	44	11,3	10,4	0,46	III,5	120
	7С3Б,ед.Ос	51	14,3	16,4	0,91	II,0	194
	9С1Б,ед.Ос	63	19,8	25,2	1,03	1,5	391
	8С2Б,ед.Ос	71	24,7	26,0	1,00	1,6	340
Евтрофное болото (ельник)							
До осушения	9Е1Б	16,4	16,0	76	0,86	III,6	219
После осушения	8Е2Б	29,1	30	116	1,58	I,6	589
До осушения	9Е1Б	15,9	14,9	82	1,75	IV,1	260
После осушения	9Е1Б	27,0	27,5	122	0,90	II,0	380
До осушения	9Е1Б	13,0	11,5	80	1,30	V,2	220
После осушения	6Е4Б	31,2	28,0	120	0,80	III,8	302
До осушения	10Е, ед. С	17,6	18,0	70	1,16	II,7	325
После осушения	10Е	23,6	26,0	110	1,01	II,3	494
До осушения	3Е2С5Б ед.Ол	25,1	18,9	140	0,64	IV,3	160
После осушения	7Е3Б	27,4	24,0	170	0,78	III,2	333
До осушения	6Е4Б	21,3	20,6	170	0,83	IV,1	246
После осушения	7Е3Б	18,4	20,0	200	0,96	IV,2	285

Осушение мезоолиготрофных болот дает положительный лесоводственный эффект (табл. 12). Молодняки при интенсивном осушении могут произрастать по II - III классу бонитета. Осушаемые средневозрастные древостоя произрастают по IV классу бонитета, а приспевающие и спелые по V классу. Поэтому после осушения их целесообразно вырубать, а вырубки оставлять под естественное зарашивание.

Сосновые молодняки на осушаемых переходных болотах отличаются хорошим ростом (табл. 12). При интенсивном осушении они произрастают по I классу бонитета, достигая при высокой полноте больших запасов. В приканальной полосе сосновые молодняки в возрасте 34 лет отличаются высоким текущим приростом, в 70 м от канала приросты значительно снижаются, а в 140 м от канала текущий прирост с 30 лет начинает падать. Основной причиной снижения прироста средневозрастных сосняков является высокая сомкнутость древостоя и угнетающее влияние березы. Снижение прироста по диаметру с первого класса возраста еще раз подтверждает необходимость проведения рубок ухода на переходных болотах в первое десятилетие после осушения. Несмотря на некоторое снижение прироста, лесотаксационные показатели древостоя подтверждают, что осушение переходных болот дает высокий лесоводственный эффект. Древостоя повышают производительность, с V - Va до I - II классов бонитета в зависимости от расстояния до осушителя и возраста древостоя.

Высокая лесоводственная эффективность осушения низинных болот не вызывает сомнения (табл. 12). Древостоя повышают свою производительность с V по I класс бонитета. В молодняках сосны после осушки текущий прирост достигает 15 м³/га, увеличиваясь, по сравнению с неосушеными древостоями, на 10 - 13 м³/га. Всем осушенным древостоям характерна очень высокая полнота. Поэтому деревья характеризуются высокой полнодревесностью стволов, что обеспечивает выход высококачественных сортиментов.

Значительно повысили свои таксационные показатели после осушки средневозрастные древостоя, хотя они характеризуются повышенным вывалом, особенно вдоль каналов. Осушение спелых сосняков не дает лесоводственного эффекта. В результате вывала и усыхания основные таксационные показатели древостоев даже снижаются.

Лесоосушительные мероприятия, проведенные в 1968 году, положительно повлияли на рост еловых древостоев, произрастающих на избыточно увлажненных землях. За 40 – летний период после осушки отмечается значительное увеличение всех лесотаксационных показателей

(табл. 12). Древостои повысили производительность с IV - V до II - I класса бонитета.

Таким образом, подтверждается общее положение о повышении производительности древостоев после осушения. Эффективность гидролесомелиорации возрастает с увеличением интенсивности осушения, трофности почв и снижением возраста древостоя.

Осушение в условиях региона исследования оказывает некоторое влияние на рост сосняков прилегающих суходолов. Оно тем значительнее, чем выше уровень ПГВ на суходоле и ближе он расположен к каналу. В засушливые годы наблюдается некоторое снижение продуктивности сосняков на суходолах. Во влажные и средние по увлажнению годы снижение продуктивности не наблюдается или не значительно.

В восьмом разделе проведено прогнозирование производительности древостоя на осушаемых избыточно увлажненных лесных землях.

Осушение существенно влияет на гидрологический режим избыточно увлажненных земель. Это, в свою очередь, отражается на их живом напочвенном покрове (ЖНП). Древесно – кустарниковый, травяно – кустарниковый и мохово – лишайниковый яруса лесных болотных биогеоценозов, реагируя на осушение, испытывают на себе взаимное влияние. Гидролесомелиоративные мероприятия за 40 лет не повлияли существенно на флористический состав верховых болот при заметном снижении проективного ЖНП. В первую очередь и в большей степени снижается обилие гигрофитов – болотных кустарничков и сфагновых мхов. По мере увеличения трофности торфяных почв, увеличивается влияние осушения на флористический состав.

Рассматриваемый период после осушения не повлиял отрицательно на обилие голубики (*Vaccinium uliginosum L.*), как это принято считать. Наоборот, на верховых болотах наблюдается возрастание проективного покрытия и встречаемость болотных ягодников. Одним из основных факторов снижения обилия ЖНП после осушения, наряду с изменением водного режима, является высокая сомкнутость древесного яруса.

По наличию в ЖНП сфагновых мхов можно судить об эффективности осушения. Исчезновение клюквы и сфагновых мхов характерно верховым и переходным болотам. Низинным болотам, наоборот, характерно увеличение проективного покрытия мохово – лишайникового яруса.

Характерно, что наибольшее снижение проективного покрытия ЖНП наблюдается через 20 - 30 лет после осушения затем проективное покрытие ЖНП начинает возрастать. Происходит смена гигрофитов на мезофиты, а на переходных и низинных болотах – светолюбивых на теневыносливые. Следовательно, осушение сосняков на верховых боло-

тах приводит через 20 – 30 лет к незначительному изменению живого напочвенного покрова. Последнее проявляется на верховых болотах в снижении обилия сфагновых мхов и клюквы (*Oxusoccus quadripetalus Gilib*), увеличении зеленых мхов, черники (*Vaccinium myrtillus L.*), единичное появление ожки волосистой (*Luzula pilosa L.*), кипрея болотного, особенно в спелых и перестойных сосняках. Снижается встречаемость bogульника (*Ledum palustre L.*) и кассандры (*Chamaedaphne calyculata L.*), но увеличивается их проективное покрытие за счет увеличения биомассы, а проективное покрытие и встречаемость голубики возрастает в течение 30 лет после осушения. Появляются лишайники (*Cladonia rangiferina Web.*). На верховых болотах снижается общее проективное покрытие и встречаемость видов ЖНП через 20 – 30 лет. Эти показатели возрастают за счет смены гигрофитов мезофитами, сфагновых мхов зелеными мхами и лишайниками. Полностью исчезает моршка. Такой же процесс наблюдается на переходных болотах.

Таким образом, использование ЖНП, как индикатора условий местообитания, значительно повышает возможности изучении потенциального плодородия торфяных почв и определении необходимости их мелиорации, помогает прогнозировать нормативы мелиоративных мероприятий и эффективность их применения.

Анализ основных факторов, определяющих динамику роста древостоев на осушаемых избыточно увлажненных лесных землях, методом многовариантного моделирования, показал, что основными факторами прироста древостоев являются амплитуда УГВ, осадки и температура. Динамика грунтовых вод, как показатель производительности древостоев таежной зоны не во всех типах леса статистически значимая величина. В то же время, УГВ зависит от почвенно - климатических факторов. Поэтому для приближенной оценки прогнозируемой производительности древостоя достаточно решения аналитическим путем частной задачи состоящей из определения влияния УГВ (H) на увеличение запаса (SAP) древостоя (табл. 13).

Таблица 13. Уравнения связи для древостоев различного состава

Древостой	Уравнение	Коэффициент, K	r	m_r
Сосновый	$SAP(H) = K \cdot 420 \cdot (1 - e^{-0.01 \cdot H})$	1,6	0,99	0,009
Еловый	$SAP(H) = K \cdot 494 \cdot (1 - e^{-0.033 \cdot H})$	1,0	0,93	0,055
Березовый	$SAP(H) = K \cdot 205 \cdot (1 - e^{-0.05 \cdot H})$	1,1	0,93	0,06

Проведенный анализ эмпирических данных позволяет представить производительность древостоев (P_p) в виде простой функции:

$$P_p = f(H, F) \quad (11)$$

где H - средневегетационный уровень ПГВ; F - почвенно - климатические факторы.

Таким образом, в качестве алгоритма для построения программного комплекса производительности древостоя на осушаемых болотах может быть принят упрощенный вариант имитационной модели «Производительность древостоя – грунтовые воды» (Корепанов, 2000) включающий две подсистемы: I – подсистема сезонной динамики ПГВ; II – подсистема производительности древостоя (табл. 14).

Таблица 14. Обозначение элементов программного комплекса «Производительность древостоев – грунтовые воды»

Номер элемента	Идентификатор элемента	Вербальное описание элемента	Размерность элемента
I. Подсистема сезонной динамики ПГВ			
1	H	ПГВ после осушения	см
2	H1	ПГВ до осушения	см
3	S1	Темп осеннего подъема ПГВ	см/сутки
4	S2	Темп зимнего понижения ПГВ	см/сутки
5	S3	Темп весеннего подъема ПГВ	см/сутки
6	S4	Темп летнего понижения ПГВ	см/сутки
7	D1	Продолжительность осеннего подъема ПГВ	сут
8	D2	Продолжительность зимнего понижения ПГВ	сут
9	D3	Продолжительность весеннего подъема ПГВ	сут
10	D4	Продолжительность летнего понижения ПГВ	сут
II. Подсистема производительности древостоя			
11	Z	Запас древостоя на единицу площади после осушения	$\text{м}^3/\text{га}$
12	Z1	Запас древостоя на единицу площади до осушения	$\text{м}^3/\text{га}$
Дополнительные факторы			
13	M	Минеральный состав торфяной почвы (зольность)	%
14	T	Температурный режим торфяной почвы	$^{\circ}\text{C}$

На рисунке (рис. 5) показана реализация комплекса в программной среде «MathCad 2000 Professional» для осушаемых низинных болот на удалении от канала на 1 метр при расстоянии между осушителями 100 м методом итераций при нарастании интервала времени DT . Максимальный уровень ПГВ ограничен 100 см, а достижение максимально возможного запаса сосновых насаждений $420 \text{ м}^3/\text{га}$. Сравнение результатов натурного наблюдения до и после осушения и прогнозируемого увели-

чения запаса древостоя приведено в табл. 15, в которую также занесены данные, полученные при прогнозировании запаса древостоев с помощью имитационной модели для прогнозирования технического состояния гидролесомелиоративной сети, роста и продуктивности осушаемых сосняков и ельников разработанной Северным НИИ, лесного хозяйства и примененной для условий региона исследований без изменения коэффициентов, входящих в состав имитационной модели уравнений (Тарнаков, 2000).

Материалы табл. 15 свидетельствуют о высоком сходстве результатов прогнозируемого увеличения запаса древостоя с данными натурного наблюдения, особенно на низинных болотах.

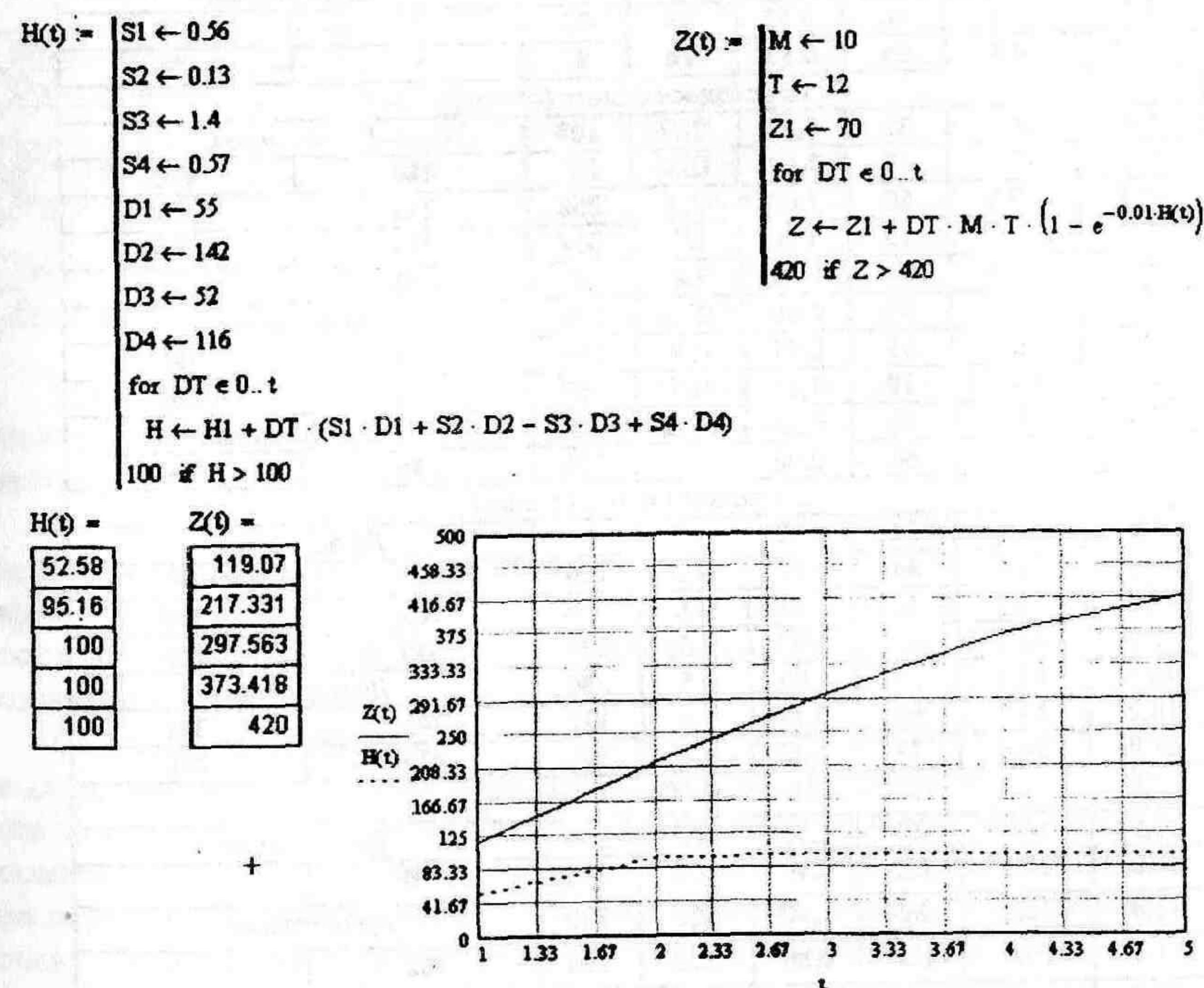


Рис. 5. Реализация программного комплекса «Производительность древостоев – грунтовые воды» для осушаемых низинных болот

Таблица 15. Сравнение результатов натурного наблюдения до и после осушения и прогнозируемого увеличения запаса древостоя

Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Возраст, лет	Полнота	Класс бонитета	Запас, м ³ /га	Прогнозируемый запас, м ³ /га (программный комплекс)	Прогнозируемый запас, м ³ /га (рассчитан по методике СевНИИЛХа)	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Верховое болото (сосняк)								
5,5	6,3	35	0,40	IV,5	38	До осушения		
7,9	8,2	46	0,78	IV,1	96	81	57	
11,0	11,2	52	0,78	III,7	132	125	125	
14,2	16,4	66	0,83	III,1	217	168	204	
17,8	20,6	74	0,90	II,2	242	212	232	
7,9	8,0	80	0,52	Va	52	До осушения		
9,7	9,5	90	0,52	Va	73	71	71	
11,7	9,8	96	0,57	Va	81	91	84	
Переходное болото (сосняк)								
7,4	9,2	39	0,62	III,7	108	До осушения		
10,9	13,5	52	1,09	III,0	231	180	132	
13,5	17,0	60	1,02	II,3	258	215	268	
17,1	22,2	73	1,00	I,7	338	289	305	
18,3	23,0	81	0,95	I,8	286	330	-	
10,0	12,1	50	0,88	III,3	140	До осушения		
12,9	16,0	63	0,97	II,9	220	224	181	
14,8	19,0	70	1,02	II,7	267	265	269	
10,4	10,7	50	0,55	IV,0	80	До осушения		
13,8	13,4	60	0,80	III,0	158	146	104	
Низинное болото (сосняк)								
7,8	6,0	27	0,52	IV,2	46	До осушения		
11,3	10,4	44	0,46	II,8	120	125	66	
14,3	16,4	51	0,91	II,0	194	205	176	
19,8	25,2	63	1,03	I,0	391	330	259	
16,5	18,4	54	1,03	I,5	280	До осушения		
18,2	23,0	68	0,73	I,3	332	342	341	
21,0	24,6	75	1,02	I,2	390	420	406	
Низинное болото (ельник)								
15,9	14,9	82	1,75	IV,1	260	До осушения		
27,0	27,5	122	0,90	II,0	380	410	-	
13,0	11,5	80	1,30	V,2	220	До осушения		
31,2	28,0	120	0,80	III,8	295	302	-	
15,9	14,9	82	1,75	IV,1	260	До осушения		
27,0	27,5	122	0,90	II,0	380	410	-	
16,5	17,4	170	1,09	V,0	195	До осушения		
20,4	22,5	200	0,92	III,7	285	303	-	

В девятом разделе рассмотрена экономическая эффективность проведения осушительных мероприятий.

Из таблицы (табл. 16), составленной по результатам полевых исследований, видна высокая экономическая эффективность осушения мезоолиготрофных, мезотрофных и евтрофных болот. В тоже время, осушение олиготрофных болот экономически нецелесообразно, так как не повышает прироста древостоя и приводит к снижению урожайности ягодных кустарничков.

Таблица 16. Основные показатели экономической эффективности осушения лесных болот

Период	Запас, м ³ /га	Цикл осушения, лет	Прибыль, руб/га	Коэффициент экономической эффективности
Мезоолиготрофное болото				
До осушения	38	-	5016	-
После осушения	210	30	28640	0,65
Мезотрофное болото				
До осушения	108	-	14260	-
После осушения	338	34	44620	1,09
Евтрофное болото				
До осушения	46	-	6072	-
После осушения	391	33	51610	2,75

Древостои, выросшие на осушаемых верховых болотах, несмотря на значительное повышение выхода деловой древесины, дают только мелкотоварные сортименты даже в VI классе возраста.

На мезоолиготрофных болотах осушение повышает производительность сосняков и значительно улучшает их товарную структуру. В то же время, даже спелые древостои, не дают крупномерных сортиментов, хотя по выходу деловой древесины приближаются к высокобонитетным соснякам на суходолах.

Сосняки, произрастающие на осушаемых переходных болотах, по выходу деловой древесины не уступают наиболее продуктивным древостоям на суходоле, но отличаются меньшим запасом стволовой массы, особенно с возрастом. Такое явление обусловлено тем, что насаждения на переходных болотах имеют в составе примесь березы, угнетающей сосну. Выход деловой древесины достигает 90% и несколько снижается в межканальной полосе, т. е. с уменьшением интенсивности осушения. Доля деловой древесины в спелых древостоях возрастает за счет более ценных крупномерных сортиментов, что связано с увеличением среднего диаметра.

На осушаемых низинных болотах с увеличением возраста древостоя также наблюдается возрастание выхода крупномерных сортиментов. Однако общий процент выхода деловой древесины в сосновых древостоях снижается за счет увеличения пороков древесины и снижения полнодревесности стволов. Одновременно с этим идет процесс уменьшения запаса древостоя ввиду сильного усыхания и вывала. В перестойных сосняках почти все стволы повреждены гнилью, а второй ярус представлен елью. В составе елового древостоя увеличивается присутствие березы в связи с вывалом крупномерных деревьев ели.

Таким образом, в результате осушения болот сосновые и еловые древостои значительно улучшают товарную структуру. Для увеличения выхода деловой древесины необходимо интенсивное осушение и проведение рубок ухода. Спелые и перестойные сосняки, особенно на осушаемых низинных болотах снижают не только запас стволовой массы, но и товарность. В результате их вырубки создаются условия для улучшения роста второго яруса, главным образом, представленного елью. Влияние осушения на товарную структуру березняков незначительно.

В целом можно отметить, что в результате осушения низинных болот формируются высокопроизводительные насаждения с достаточно высоким качеством древесин.

Заключение

Проведенные исследования, основанные на большем объеме экспериментального материала и продолжительных наблюдениях, позволили сформулировать следующие научные выводы и дать практические рекомендации.

Поверхностное залегание коренных пород, богатых известью, обусловило высокую минерализацию ПГВ избыточно увлажненных лесных земель, и привело к преобладанию низинного типа болотообразования. Исследования сезонной и суточной динамики уровня ПГВ показали, что во всех болотных типах леса отток и суммарное испарение не способны значительно понизить ПГВ во влажные и средние по увлажнение годы, что приводит к их подъему. Несмотря на то, что климатические, геологические, геоморфологические и гидрологические условия региона исследования благоприятствуют избыточному увлажнению, гидролесомелиоративный фонд характеризуется высоким потенциальным плодородием торфяных почв.

Осушение избыточно увлажненных лесных земель Волжско – Камского междуречья дает возможность получить высокий лесоводствен-

ный и экономический эффект.

В связи с понижением уровня ПГВ уменьшается влажность верхних горизонтов почвы, отмечается прямая обратная связь между уровнем ПГВ и влажностью почвы. Продолжительность подъема ПГВ в весенний период увеличивается, а дата максимального подъема смещается на более поздний срок, что обусловлено уменьшением интенсивности снеготаяния. Последнее способствует снижению поверхностного стока и увеличению поступления влаги в торфяную почву. После понижения уровня ПГВ наблюдается образование рыхлой структуры торфа в зимний период, повышение микробиологической деятельности и разложения, что улучшает его агрохимические показатели.

Несмотря на ухудшение теплового режима, незначительное отрицательное влияние на рост древостоев прилегающих суходолов в засушливые годы, осушение улучшает экологические условия произрастания насаждений, и они значительно повышают свою производительность. Залесение осушаемых болот, наряду со снижением температуры почвы в весенне-летний период, уменьшает амплитуду колебания температур на поверхности почвы, нивелируя отрицательные стороны снижения уровня ПГВ.

Наряду с повышением производительности насаждений, улучшается товарная структура древостоев, изменяется ЖНП. Использование последнего, как индикатора условий местообитания, значительно повышает возможности в изучении потенциального плодородия торфяных почв и определении необходимости их мелиорации, помогает прогнозировать нормативы мелиоративных мероприятий и эффективность их применения.

Осушение существенно влияет на режим ПГВ избыточно увлажненных лесных земель. Увеличивается глубина стояния, амплитуда колебания ПГВ, снижается продолжительность подтопления корнеобитаемых горизонтов почвы, которая в различных типах леса имеет свои специфические особенности. На осушаемых болотах продолжительность подтопления неодинакова по годам и зависит от количества выпавших осадков, глубины стояния ПГВ и расстояния от осушительного канала, а также его технического состояния. С учетом хода роста древостоев необходимо, намечать ремонт осушительной сети, степень повреждения которой зависит от типа болотной залежи, на низинных болотах через 5 лет, переходных – 10 лет, верховых – 15 лет и увеличить глубину каналов до 1,3 метров на переходных и до 1,5 на верховых. Для наблюдения за уровнем ПГВ перспективно применение электрометрических методов поиска, позволяющих проводить исследования значительных площадей

в сжатые сроки без применения масштабных земляных работ. В частности апробированный в условиях региона исследования импульсный метод вертикального электрического зондирования и разработанное аппаратное обеспечение дают возможность, существенно повысить эффективность наблюдений.

Режим ПГВ не может быть единственным фактором, определяющим производительность древостоя. Поэтому для принятия решений при управлении лесными ресурсами на избыточно увлажненных лесных землях необходимо создание системных комплексов, позволяющих на основе региональных зависимостей между уровнем ПГВ и почвенно – климатическими условиями определять производительность древесной растительности.

Проведенный анализ факторов, определяющих динамику роста древостоев на осушаемых болотах, позволяет построить модель взаимосвязи между производительностью древостоев и почвенно - климатическими условиями, состоящую из взаимодействующих между собой подсистем, которая адекватно описывает процесс увеличения запаса древостоя на осушаемых болотах и может быть использована для прогноза повышения их производительности после осушения.

Численное решение имитационной динамической модели «Производительность древостоев – грунтовые воды» показало высокую сходимость результатов прогнозируемого увеличения запаса древостоя с данными натурного наблюдения, а также возможность ее применения к почвенно – климатическим условиям других регионов.

Основные публикации

Монографии

Режим грунтовых вод и производительность лесных земель Кировской области. Нижний – Новгород: НГСХА, 2002. – 150 с., деп. ВНИИ-ТЭИагропром, № 59 ВС-2002, 03.07.02 (соавтор Корепанов С.А.).

Влияние режима грунтовых вод на продуктивность переувлажненных лесных земель Кировской области: Научное издание. – Йошкар – Ола: Периодика Марий Эл, 2001. – 71 с. (соавторы Поздеев А.Г., Корепанов С.А., Моспанова Е.В.).

Влияние осушения мезоолиготрофных болот на рост и экологию леса: Научное издание. – Йошкар – Ола: АНИИУЛЬП, 2002. – 120 с (соавтор Корепанов С.А.).

Учебные и справочные пособия

Гидротехнические мелиорации: Учебное пособие для студентов специальности 250201 – Лесное хозяйство / Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. - Нижний Новгород, 2006. – 86 с. (соавтор Смоленков А.А.).

Рубки ухода в осушаемых насаждениях // Мелиоративная энциклопедия. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. - Т. 3 (П-Я). - С. 24

Удобрение осушаемых сосновых // Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – Т. 3 (П-Я). – С. 303

Научные разработки

Система экологической безопасности агропромышленного комплекса (СЭБ АПК). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003610908 14.04.2003. по заявке № 2003610416 от 20.02.2003 (соавтор Поздеев А.Г.).

Оценка экологического состояния автодорожного и лесного комплексов (ОЭС АЛК). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611401 24.04.2006. по заявке № 2006610706 от 10.03.2006 (соавторы Кожин Д.В., Поздеева Ю.А., Иванов А.Е.).

Производительность древостоев – грунтовые воды. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Отраслевой фонд алгоритмов и программ Федерального агентства по образованию № 5193 от 21.09.2005.

Статьи и материалы конференций

Модель производительности древостоя на осушаемых болотах // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2003. - № 6. – С. 50 – 51.

Заболоченные и болотные леса Волжско – Камского междуречья и перспективы их освоения // Лесной журнал, 2005. - № 5. – С. 20 – 25 (соавтор Корепанов С.А.).

Лесоводственная эффективность осушения сосновых древостоев в таежной зоне Волжско – Камского междуречья // Лесной журнал, 2006. - № - 3. – 20 – 24

Естественное лесовозобновление на осушаемых болотах Волжско – Камского междуречья // Лесной Вестник, 2006. - № 1. – С5 – 7.

Влияние состояния осушительной сети на водный режим и рост леса // Мелиорация и водное хозяйство, 2006. - № 3. - С. 44 – 47 (соавтор Корепанов С.А.)

Электроимпульсный способ исследования подповерхностных неоднородностей в условиях избыточно увлажненных лесных земель // Измерительная техника, 2006. - № 5. - С. 55 - 56 (соавтор Шишлаков М.А.)

Продолжительность подтопления почвенных горизонтов // Лесной журнал, 2006. - № 3. - С. 20 - 24

Импульсный метод определения мощности торфяной залежи и ее физико - механических показателей // Гидротехническая мелиорация земель, ведение лесного хозяйства и вопросы экологии. - СПб.: СПбНИИЛХ, 1997. - С. 103 - 104.

Влияние режима грунтовых вод на продуктивность сосновых насаждений // Лесная таксация и лесоустройство: Межвузовский сборник научных трудов. - Красноярск: СибГТУ, 2000. - С. 214 – 219 (соавтор Корепанов С.А.).

Построение кривой депрессии методом импульсного электромагнитного профилирования // Гидролесомелиорация и эффективное использование земель лесного фонда: Информационные материалы, Вологда, 1998. - С. 191 - 193.

Модель зависимости продуктивности древостоя от уровня грунтовых вод // Региональные проблемы изучения и использования избыточно увлажненных лесных земель. Материалы совещания. - Екатеринбург: УГЛТА, 2000. - С 23 – 25.

Режим грунтовых вод основных типов еловых насаждений // Доклады Российской академии естественных наук. № 3. - Саратов: СГТУ, 2002. - С. 92 – 101 (соавтор Корепанов А.А.).

Устройство определения уровня грунтовых вод // Эколого-экономические аспекты гидролесомелиорации: Сборник научных трудов Института леса Национальной академии наук Беларусь. - Вып. 58. - Гомель: ИЛ НАН Беларусь, 2003. - С. 47 – 49.

Агрохимическая характеристика торфяных почв осущененных сосняков // Лесное хозяйство Поволжья. Выпуск 5. Саратов, 2002. - С. 208 – 211 (соавтор Корепанов С.А.)

Содержание кислорода, азота и минеральных солей в почвенно-грунтовых водах // Лесное хозяйство Поволжья. Выпуск 5. Саратов, 2002. - С. 212 – 215 (соавтор Корепанов С.А.).

Состояние осушительной сети на объектах гидролесомелиорации // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Материа-

лы Всероссийской конференции. Красноярск: Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 2004. С. 159 – 161.

Влияние осушения лесных болот на продуктивность сосновых насаждений Волго-Вятского региона // Вестник Центрально – Черноземного регионального отделения наук о лесе Российской академии естественных наук Воронежской государственной лесотехнической академии. Выпуск 4. Часть 1. –Воронеж: ВГЛА, 2002. – С. 69 – 76 (соавторы Корепанов А.А., Корепанов С.А.).

Прогнозирование и принятие природно - хозяйственных решений с использованием имитационно динамического моделирования в программной среде MathCAD // Мировое сообщество и Россия на путях модернизации. Экономика и управление в современном обществе. / Под общей редакцией проф. А.Д.Арзамасцева. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. с. 308 – 317 (соавторы Петрова Л.В., Баранов В.В.).

Динамика содержания основных элементов питания в торфяных почвах лесных болот // Проблемы озеленения городов и развития лесного комплекса: Сб. научных трудов науч – техн. конф., посвященной 160-летию Ф.А. Теплоухова. - Пермь: ПГСХА, 2005.-С. 247 – 257.

Прогнозирование прироста древостоев в зависимости от почвенно - климатических условий // Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения: Сб. научных статей. – Нижний Новгород: НГСХА, 2005.-С. 98 – 104.

Рост леса на прилегающих к осушаемым болотам суходолах // Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения: Сб. научных статей. – Нижний Новгород: НГСХА, 2005.-С. 105 – 108 (соавтор Корепанов С.А.).

Зависимость производительности древостоя от уровня грунтовых вод // Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов. Сборник научных чтений, посвященный 70-летию Заслуженного лесовода России, д-р с/х наук, проф. Аглиулина Ф.В.. – Чебоксары, 2005. – С. 250 – 255 (соавтор Корепанов А.А.).