

На правах рукописи

Бондарь Юрий Николаевич

Взаимосвязь функционирования южнотаежных ландшафтов с их структурой (на примере продуктивности лесов краевой зоны Валдайского оледенения)

Специальность - 25.00.23 - Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва - 2009

Работа выполнена на кафедре физической географии и ландшафтоведения географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: доктор географических наук,
Сысуев Владислав Васильевич

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор
Огуреева Галина Николаевна
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, географический факультет

доктор географических наук,
Линник Виталий Григорьевич
Институт геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского РАН

Ведущая организация: Московский государственный университет леса

Защита состоится “ ” апреля 2009 г. в “ ” часов на заседании диссертационного совета Д 501.001.13 в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, 18 этаж, аудитория 1807.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова на 21 этаже.

Автореферат разослан "___" марта 2009г.

Учёный секретарь диссертационного совета

Горбунова И.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современной фундаментальной проблемой ландшафтоведения выступает синтез его направлений – структурно-генетического, функционально-динамического и эволюционно-прогнозного, в опоре на физико-математическое направление.

Процессы биологической продуктивности обеспечивают существенную часть энергетических ресурсов функционирования ландшафтов, более того, «ландшафты это биотически саморегулируемые и самоорганизующиеся системы» (Сочава, 1978, А.Д.Арманд, 1988). Леса являются одним из основных компонентов природной среды, особенно в бореальной зоне, обеспечивая естественное регулирование большинства процессов. В естественных условиях развития существует приуроченность произрастания древесных пород к определенным почвенно-типологическим условиям и ландшафтным структурам в целом (Алексеев, и др. 1998).

Ввиду ускорения темпов исчезновения и деградации бореальных лесов, все больше внимания уделяется рациональному планированию лесопользования с учетом реальной ландшафтной структуры территории. Устойчивое управление и обеспечение неистощительного пользования лесами, продекларированные основными принципами отношений в лесной сфере (Лесной кодекс РФ, 2006), напрямую предполагают долгосрочное прогнозирование развитие древостоев под влиянием деятельности человека. На основе анализа результатов такого прогноза можно сделать выбор оптимальной стратегии управления и использования лесов в будущем при разных сценариях лесопользования.

В связи с этим работа, посвященная анализу взаимосвязи структуры ландшафтов и продукционного функционирования древостоя, прогнозированию динамики леса на ландшафтной основе, является актуальной.

Цели и задачи исследования. Цель работы – выявление закономерностей ландшафтной дифференциации биопродукционного процесса на основе количественных методов анализа и моделирования древостоев южно-таежных лесов.

В соответствии с целью основными задачами работы являлись:

1. Получение количественных параметров структуры ландшафтов методами морфометрического моделирования, дистанционного зондирования и полевых исследований.

2. Определение на основе почвенных и лесотаксационных исследований диагностических признаков и выполнение численного моделирования типов условий местообитаний (ТУМ) растительного покрова для различных ландшафтов.

3. Выявление взаимосвязи структуры и продукционных процессов функционирования ландшафта на основе имитационного моделирования пространственной динамики разновозрастных многопородных древостоев.

4. Разработка схемы и рекомендаций ландшафтного планирования пользования лесом на основе долгосрочного прогнозирования развития древостоя по контрастным сценариям лесопользования.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являются южно-таежные бореальные ПТК ландшафтов краевой зоны валдайского оледенения.

Основным методом изучения древостоев и выявления типов условий местопроизрастания выступает сплошная ленточная таксация леса шириной 20 м вдоль ландшафтных трансект. Описано 320 площадок размером 20x20 метров. С помощью приростного бура Пресслера определялся возраст деревьев в различных местообитаниях. Литогенная основа исследовалась методом георадарного зондирования.

В камеральных условиях полевые данные обработаны с помощью статистических методов и ГИС-технологий. Рассчитаны суммы диаметров и запасы по площадкам для каждой породы. На основе статистической зависимости между диаметром и возрастом пород рассчитан бонитет древостоев. Камеральные работы включали численный анализ цифровой модели рельефа и космического спектрального сканерного изображения. С помощью ГИС-технологий и статистических методов определены потенциальные типы условий местообитаний древостоев на основе распределения параметров геофизических полей. Прогнозирование динамики древостоя проведено методом имитационного математического моделирования на основе модели FOR-RUS-S.

Материалы исследования. Полевые работы проводились в период 2004-2007гг. На трансектах выполнялись комплексные ландшафтные исследования, в которые входили проведение нивелирования, стандартные описания рельефа, почв, растительности, и др. В работе использованы фондовые материалы Валдайского филиала Государственного Гидрологического института и Национального парка "Валдайский". Проведено подповерхностное зондирование четвертичных отложений для определения связи геолого-гидрологических условий с продукционным функционированием ландшафтов. Обработка результатов и химические анализы проводились на базе химико-аналитической лаборатории кафедры физической географии и ландшафтоведения.

Лесотаксационные выделы были привязаны к ландшафтной основе в целях моделирования древостоя с учетом ландшафтной структуры территории. Сделана адаптация имитационной модели к ландшафтным условиям района работ и проведено моделирование динамики древостоя по 2 сценариям на срок 200 лет.

Научная новизна работы. Впервые для выявления взаимосвязи ландшафтной структуры с биопродукционным процессом проведено прогнозирование динамики древостоя для на основе геофизической дифференциации природных территориальных комплексов (ПТК) методами имитационного моделирования.

Для определения литогенной основы ландшафта и диагностических признаков типов условий местообитаний (ТУМ) древостоя использован новый метод подповерхностного георадиолокационного зондирования.

Потенциальные условия местообитаний растительности получены методами численной классификации на основе распределения параметров геофизических полей.

В работе решена важная задача по изучению и определению пространственных закономерностей биопродукционных процессов и их прогнозированию в целях оптимизации лесопользования. Работа вносит большой вклад в решение фундаментальной проблемы синтеза направлений ландшафтоведения.

Научно-практическая значимость результатов. Работа выполнялась в рамках темы НИР географического факультета и кафедры физической географии и ландшафтоведения и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 05-05-64648-а. Работа

носит методический характер, иллюстрируя возможности применения ландшафтного подхода для обоснования и ведения лесохозяйственной деятельности в бореальных ландшафтах. Ранее было продемонстрировано преимущество выделения лесохозяйственных участков методами морфометрии рельефа в ГИС перед традиционным лесотаксационным способом (Сысуев, Шарый, 2000). В работе это направление получило дальнейшее развитие. В итоге осуществлена реализация методики использования ландшафтно-адаптированных лесохозяйственных выделов при моделировании динамики древостоя для изучения взаимосвязей структуры ландшафтов с биопродукционным процессом решения задач лесного хозяйства и ландшафтного планирования. Результаты работы могут быть использованы в системе лесного хозяйства и внедрены в учебный процесс.

Положения, выносимые на защиту.

1. Диагностическими признаками ТУМ, определяющих состав и функционирование древостоев, являются: элемент рельефа, состав поверхностных отложений, глубина грунтовых вод, травяной покров, содержание гумуса и вид почв, которые напрямую обусловлены структурой ландшафтов.

2. Пространственная структура типов условий местообитаний объективно моделируется морфометрическими параметрами распределения градиентов геофизических полей гравитации и инсоляции, а также гидрогеологическими условиями.

3. Взаимосвязи между ландшафтной структурой и биопродукционным процессом определяются на основе имитационного моделирования многопородного разновозрастного древостоя по различным сценариям лесопользования.

Совокупность этих положений представляет собой новые возможности изучения взаимосвязей структуры и функционирования ландшафтов.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы доложены на XI Международной ландшафтной конференции, Москва, 2006г; на международной конференции «Новые технологии в медицине, биологии и геоэкологии», г. Новороссийск, 2007г; на Четвертой Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: "Шевченковская весна" г. Киев, 2006г; на научно-практической конференции Информационные Технологии в Лесном Хозяйстве,

Мытищи, 2009г. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 1 в реферируемом журнале из списка ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 161 наименование, 10 из которых на иностранных языках, и 2 приложений. Работа изложена на 164 стр. машинописного текста, содержит 31 таблицу и 34 рисунка, в том числе 19 карт.

Благодарности. Автор благодарен заведующему и сотрудникам кафедры физической географии и ландшафтоведения К.Н. Дьяконову, Г.М. Алещенко, Д.Н. Козлову, А.В. Хорошеву за консультации и помощь в освоении методик работы со сложными программными средствами, особая благодарность М.А.Хрусталевой за помощь в проведении химических анализов в лаборатории, а также сотрудникам, аспирантам и студентам, помогавшим при проведении полевых исследований – Х. Акбари, Ю.Н. Бочкареву, З.В. Сысуевой, А. Сосунову.

Автор благодарен сотрудникам НП "Валдайский" и ВФ ГГИ, В.В. Рогоцкому, И.М. Калмыкову, А.С. Бурову, за предоставление фондовых материалов и содействие в проведении полевых работ.

Автор выражает благодарность студентам кафедры физической географии мира и геоэкологии, принимавшим участие в полевых работах по ландшафтному картографированию, и лично В.Н. Солнцеву за предоставленный материал по ландшафтной структуре территории.

Автор благодарен за научное руководство и консультации профессору кафедры физической географии и ландшафтоведения, д. г. н. В.В. Сысуеву.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. Изучение взаимосвязи структуры и продуктивности лесов Валдая.

Во второй половине XX века были проведены многочисленные работы по исследованию проблем и вопросов продуктивности и структуры растительного покрова Валдайской возвышенности. Особенности и характер продуктивности ельников на суглинистых почвах освещены в работе Ватковского О.С., Гришиной Л.А., Лидова В.П., Бабьевой И.П. (1972), экологию и продуктивность геохимически автономных ельников Валдая рассматривали Ватковский О.С., Головенко С.В., Гришина Л.А., Кузнецов Г.В., Лазукова Г.Г., Федоров С.Ф. (1974). В работах Тишкова А.А. (1979) и Тишкова А.А., Глазова М.В., Чернышева Н.В. (1978) показаны основные особенности динамики ельников Валдая, рассмотрены особенности их структуры и функционирования в различных местообитаниях, наиболее важные черты антропогенного воздействия и указаны причины одновозрастности еловых древостоев. Одним из фундаментальных исследований, показавшим структурно-функциональное единство ландшафтов краевой зоны валдайского оледенения стала работа Ю.К.Шуйцева (1980).

Классиками отечественного лесоводства (Погребняк 1955, Морозов, 1970) на основе богатейшего полевого материала и обобщения полученных данных составлена таблица эдафотопов. Эта таблица показывает распределение типов леса по изменению основных факторов лесопроизрастания - богатству почвенного (трофотопы) субстрата и влажности (гигротопы).

В нормальных естественных условиях развития существует приуроченность конкретных лесных насаждений к определенным ландшафтным структурам (Алексеев, и др. 1998). Наиболее консервативным и устойчивым в различных условиях окружающей среды компонентом ландшафта является рельеф. Именно по рельефу выделяются ландшафтные структуры и ландшафтные и классификационные единицы.

На основании этого делается вывод о большей объективности и универсальности ландшафтного метода выделения лесохозяйственных участков. Однако известны и трудности применения таких подходов для практических целей лесоустройства и лесопользования: отсутствие количественных объективных методов выделения ландшафтных единиц.

Для решения этих проблем могут быть использованы современные методы геоморфометрического анализа с применением геоинформационных систем (Сысуев, Шарый, 2000). Для выбора объективных морфометрических параметров распределения градиентов геофизических полей и оценки возможности их использования в лесном хозяйстве должен применяться сопряженный анализ цифровой модели рельефа, данных дистанционного зондирования и полевых материалов (Сысуев, 2006).

Поскольку развитие древостоев чрезвычайно длительно, наиболее рационально исследовать этот процесс методами математического моделирования. В настоящее время существует большое количество моделей динамики древостоев, ряд из которых можно найти в обзорах (Березовская и др., 1991, Розенберг, 1984, Сысуев, 1986). Всё разнообразие существующих моделей многовидовых лесных насаждений можно разделить на разные категории. Существуют модели, зависящие и независящие от расстояния между единицами моделирования (Porte, Bartelink, 2002). Отдельно рассматриваются две большие группы моделей: модели дерева и модели насаждения. В изучении динамики многовидовых разновозрастных лесных насаждений наиболее целесообразно и перспективно использовать метод имитационного моделирования. Это обусловлено тем, что развитие таких насаждений может быть описано только большим числом параметров (Чумаченко, 2004).

Одна из наиболее обоснованных моделей для исследования и прогнозирования структуры и функционирования лесных экосистем, построенная на основе биоэкологических принципов и реальных лесотаксационных данных, разработана С.И. Чумаченко (1991, 1997, 2004).

Глава II. Объекты и методы исследования

Территория исследования находится на Валдайской возвышенности в Национальном парке «Валдайский» в пределах Валдайского района Новгородской области.

Физико-географическая характеристика района исследования. Валдайская возвышенность, являющаяся водоразделом бассейнов Балтийского и Каспийского морей – один из наиболее крупных элементов орографии северо-западной части России. Район исследований расположен в пределах Осташковской конечно-моренной гряды краевой зоны последнего оледенения и имеет расчлененный разнообразный

рельеф, который оказывает большое влияние на климат, воды, почвы, растительность. Рельеф сравнительно молодой - по данным радиоуглеродных датировок сформировался около 16 тыс. лет назад. Возраст речной сети не более 8-9 тыс. лет. Все это обуславливает хорошую сохранность ледниковых форм рельефа (Палеогеография и хронология..., 1965). Многочисленные холмы и гряды чередуются с западинами, ложбинами стока и небольшими равнинами. Моренные отложения имеют повсеместное распространение.

Пестрота рельефа и разнообразие почвообразующих пород, а также хозяйственная деятельность породили высокую мозаичность типов условий местопроизрастания (ТУМ) и растительных сообществ. Растительность района исследования представлена преимущественно бореальными еловыми лесами, приуроченными к местообитаниям моренных и камовых ландшафтов, помимо еловых лесов встречаются участки сосновых лесов и заболоченных вариантов лесов, (ольшаники, сосняки и т.д.).

Территория исследований находится в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайги, в прибалтийской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных и болотно-подзолистых почв (Почвенно-геологические условия Нечерноземья, 1984). Разнообразие форм рельефа и почвообразующих пород предопределили чрезвычайную пестроту и сложность почвенного покрова. Общие свойства почв – относительная обогащенность первичными минералами (полевые шпаты, слюды, биотит и др.) и наличие остаточной карбонатности, слабее выраженной во флювиогляциальных и озерно-ледниковых песках. В почвенном покрове преобладают палевоподзолистые суглинистые и скрытоподзолистые супесчаные почвы, сменяющиеся в межхолмовых понижениях болотными торфянисто- и торфяно-глеевыми почвами. Почвообразующими породами служат моренные остаточно-карбонатные суглинки, делювиальные суглинки озерные и водно-ледниковые пески (Никифорова, 1980).

Ландшафтная структура Валдайского полигона представлена на рис. 1.

Методы изучения структуры природных ландшафтов. Полевые методы.

В течение четырех экспедиционных сезонов был получен материал по состоянию ландшафтов краевой зоны оледенения: заложены 6 ландшафтных трансектов с нивелировкой (через 5 м) и комплексным описанием (через 20 м)– всего описано 320

площадок, произведён отбор почв для определения влажности, рН, гумуса, собраны укосы для определения продуктивности травяного покрова, собраны и обобщены данные по многолетним исследованиям на этом стационаре.

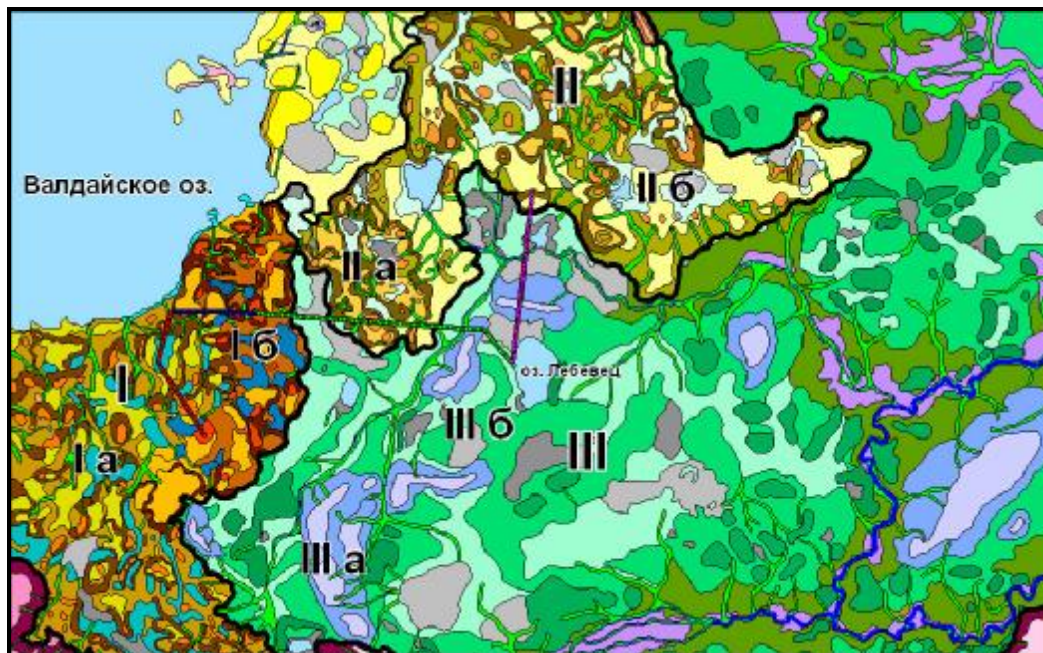


Рис. 1. Фрагмент ландшафтной карты района исследований (Солнцев В.Н, Сысуев, 2006). Точками разного цвета показаны исследованные трансекты. Индексами обозначены:

I Моренная суглинистая равнина с камовыми холмами

I а Холмисто-грядовая моренная равнина с ельниками чернично-зеленомошными на дерново-палево-подзолистых почвах

I б Камовые супесчаные комплексы на суглинистой морене с березово-сосново-еловыми кислично-зеленомошными лесами на дерново-палевоподзолистых почвах

II Камово-озовая песчано-супесчаная равнина на озовых конусах выноса

II а Мелкогрядово-холмистые супесчаные камы на озовых конусах выноса с сосново-еловыми чернично-майниковыми лесами на иллювиально-железистых дерново-подзолах

II б Плоские заболоченные поверхности на озовых конусах выноса с березово-еловыми чернично-осоковыми лесами на контактно-осветленных дерново-подзолах.

III Озерно-водно-ледниковая равнина с песчаными камнями с сосново-еловыми лесами на контактно-осветленных дерново-подзолах;

III а Заболоченные плоские местности и террасы озер

Литологическая основа ландшафтов исследовалась георадаром «Око-2» с антенной типа «Тритон». Геофизическая сущность метода георадиолокации заключается в регистрации сигнала, отраженного от границ сред с различными свойствами. (Владов, Старовойтов, 2004). Проведено зондирование основных видов урочищ. Первоначально по данным почвенных профилей и ручного бурения проводилась верификация георадара для выбора условий съемки адекватных ландшафтными объектам.

Методы получения и обработки пространственной информации.

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) являются объективной, оперативной, и многоцелевой информацией о земной поверхности. В работе используется спектрональное сканерное изображение Landsat 7 с разрешением 30 м. Для классификации изображений применяются методы кластерного анализа как с обучающей выборкой, так и без учителя. Эти методы широко используются для дешифрирования лесов. (Аэрокосмический мониторинг лесов, 1992). В работе использована дихотомическая классификация с метрикой Евклида по методу максимума дистанции, реализованная в комплексе FracDim (авторы Алещенко, Пузаченко).

Морфометрический анализ геофизической дифференциации ПТК. Дифференциацию поверхности рельефа для выделения потенциальных ПТК необходимо описывать в параметрах градиентов геофизических полей гравитации и инсоляции, являющихся основными движущими силами системообразующих процессов в геосистемах (Сысуев, 2002).

Для выделения потенциальных типов условий местопроизрастания (ТУМ) в работе использован метод морфометрического анализа цифровой модели рельефа (ЦМР) в геоинформационной системе (Сысуев, Шарый, 2000). Границы типов условий местопроизрастания определялись с учетом зон относительного выноса и зон относительного накопления, рассчитанных с использованием кривизн и других морфометрических величин (доза солнечной радиации, углы наклона склонов, удельная площадь водосбора и др.). Морфометрические величины рассчитаны в ГИС ЭКО (Шарый), DiGem (Konrad), FracDim (Алещенко, Пузаченко).

Методы изучения продукционного функционирования лесных ландшафтов. Основным методом была сплошная ленточная таксация вдоль ландшафтных трансект (320 площадок размером 20x20). На основе этих данных рассчитывались объемные запасы стволовой древесины, суммы площадей сечения, суммы диаметров, возрастная структура и другие характеристики древостоев. На площадках проводились также исследования свойств почв (влажность, рН, гумус) и продуктивности травяного покрова. Всего измерены таксационные параметры 1560 деревьев сосны, 1250 ели, 390 деревьев березы, и 180 деревьев ольхи.

Сбор укосов травяной растительности проводился в характерных ландшафтных катенах на площадках размером 50x50 см. Всего было получено 115 образцов. Для изучения условий освещенности и расчета степени сомкнутости крон вдоль ландшафтных трансектов был использован метод цифровой фотографии с обработкой снимков на компьютере в программе Fracdim.

Методы математического моделирования динамики многопородного древостоя. Для исследования продукционного функционирования лесных ландшафтов выбрана имитационная модель FORRUS-S. Расчеты динамики древесной синузии многовидового разновозрастного участка леса основаны на эмпирических видоспецифичных функциях дерева в ходе его онтогенеза: текущего прироста, диапазона фотосинтетической активности, изменения площади кроны, коэффициента прозрачности кроны и пр. Входными данными модели являются повыдельные планы лесонасаждений и таксационные описания выделов, которые перед расчетами преобразуются в трехмерные данные. В ходе моделирования прогнозируется изменение средних таксационных характеристик насаждений (высоты, диаметра, возраста, запаса и др.), изменение породного и возрастного состава.

В работе модель, предназначенная для изучения влияния сценариев ведения лесного хозяйства на развитие насаждений, была адаптирована к региональным особенностям развития лесов, а таксационные выдела привязаны к ландшафтной структуре территории. В результате проведенных численных экспериментов по разным сценариям лесопользования оказалось возможным выявить ландшафтные различия в продукционном функционировании древостоев и их структуры.

Глава III. Определение диагностических признаков ТУМ и их связь с продукционным функционированием леса

Особенности продукционного функционирования в районе исследования определяются рядом свойств почв: повышенная кислотность, сезонное переувлажнение почв, выщелоченность почвенного профиля от карбонатов, обогащенность почв первичными минералами, и др. (Лазукова, Шуйцев, 1980).

Типы местообитаний выделялись для каждой лесообразующей породы. Каждый выделенный ТУМ приурочен к определённым ландшафтам района исследований

(рис. 2). Еловые местообитания характерны для моренных равнин и камовых равнин, а сосновые - для зандровых низменностей и камовых всхолмлений озерно-водно-ледникового ландшафта. Однако эта закономерность выдерживается лишь в самых общих чертах. Сосновые местообитания встречаются и на моренных равнинах, а еловые - среди зандровых низменностей.

Местообитания вершин камовых холмов характеризуются очень высокими запасами древостоя в пределах всего района исследований – 600-700 м³/га.

Ландшафт конечно-моренной равнины обладает высоким продукционным потенциалом, и запасы древостоя четко контролируются ландшафтными условиями, особенно увлажнением.

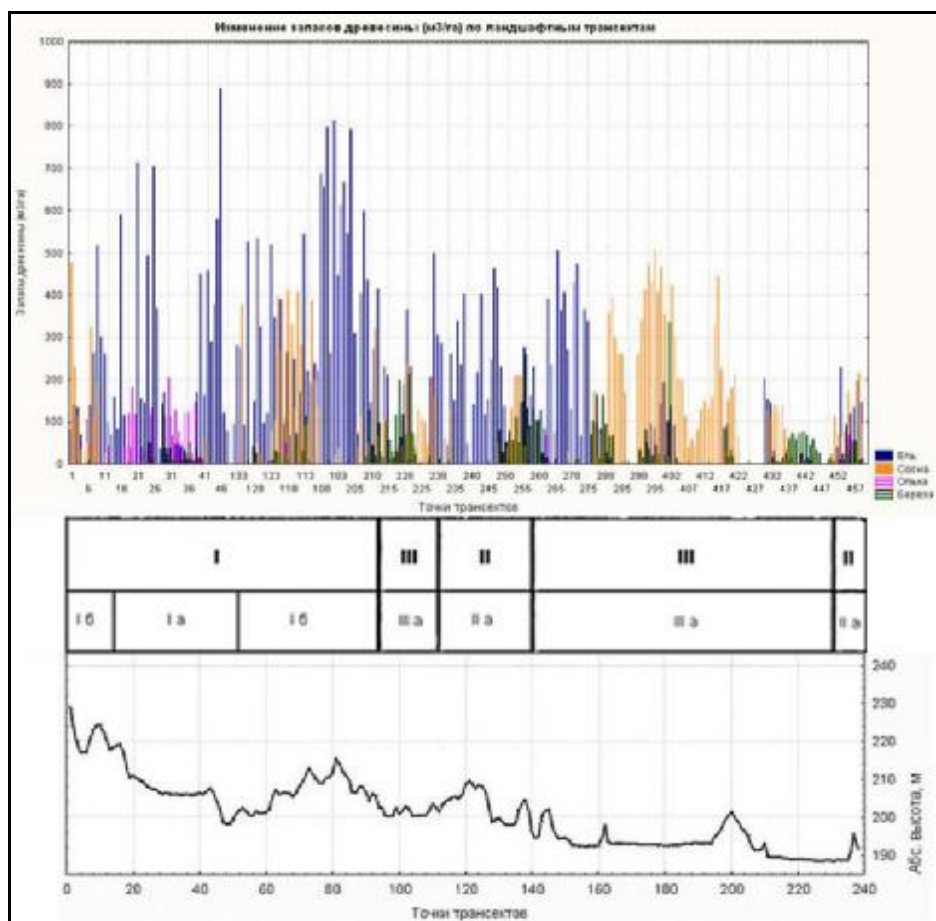


Рис. 2. Изменение запасов древесины (м³/га) вдоль ландшафтных трансект. Индексы под графиком - ландшафтные структуры в соответствии с условными обозначениями рис.1

В пределах ландшафта озерно-водно-ледниковой равнины с камовыми песчаными холмами наиболее продуктивные местообитания формируются на склоновых позициях, где наиболее благоприятные условия увлажнения. Низким продукционным

потенциалом в данном ландшафте обладают местообитания сухих вершин холмов и переувлажненных депрессий.

В пределах камово-озовой равнины максимальная продуктивность древостоя приурочена к урочищам камовых холмов и гряд.

В ландшафте зандровой равнины самые продуктивные древостои приурочены к сухим местообитаниям озовых гряд.

В каждом местообитании в целях корректной настройки имитационной модели динамики леса, и достоверной интерпретации результатов моделирования были определены бонитеты древесных пород. Для этого использовались данные возрастного бурения деревьев и таблицы хода роста.

Влияние геолого-гидрогеологических условий по данным подповерхностного радиолокационного зондирования. Георадиолокационная съемка показала, что в камово-западинном ландшафте глубина уровня грунтовых вод и мощность песчаных отложений, как и в грядово-котловинно-озовом ландшафте, являются основными факторами дифференциации и формирования ландшафтно-экологических структур (рис. 3). Однако механизмы дифференциации в этих ландшафтах различны ввиду различного гидрогеологического строения грунтов.

На болотах мощность торфа и удаленность от границ являются основными факторами функционирования леса (рис. 4).

На радарограмме хорошо разделилась торфяная ванна и минеральное дно болота, сложенное оглееными озерными песками. Радарограмма показала, что изменение мощности и состава толщины торфа является ведущим фактом дифференциации и разнообразия болотных фаций.

Продуктивность травяного напочвенного покрова. Надежная и достоверная корреляционная связь (по Спирмену) между продуктивностью травяного покрова и сомкнутостью крон выявлена в пределах элювиальных и транзитных местообитаний в устойчивых сообществах при отсутствии массовых вывалов и антропогенного вмешательства. В пределах болот, где функционирование продукционных процессов полностью контролируется фактором увлажнения зависимость между продуктивностью и сомкнутостью крон отсутствует.

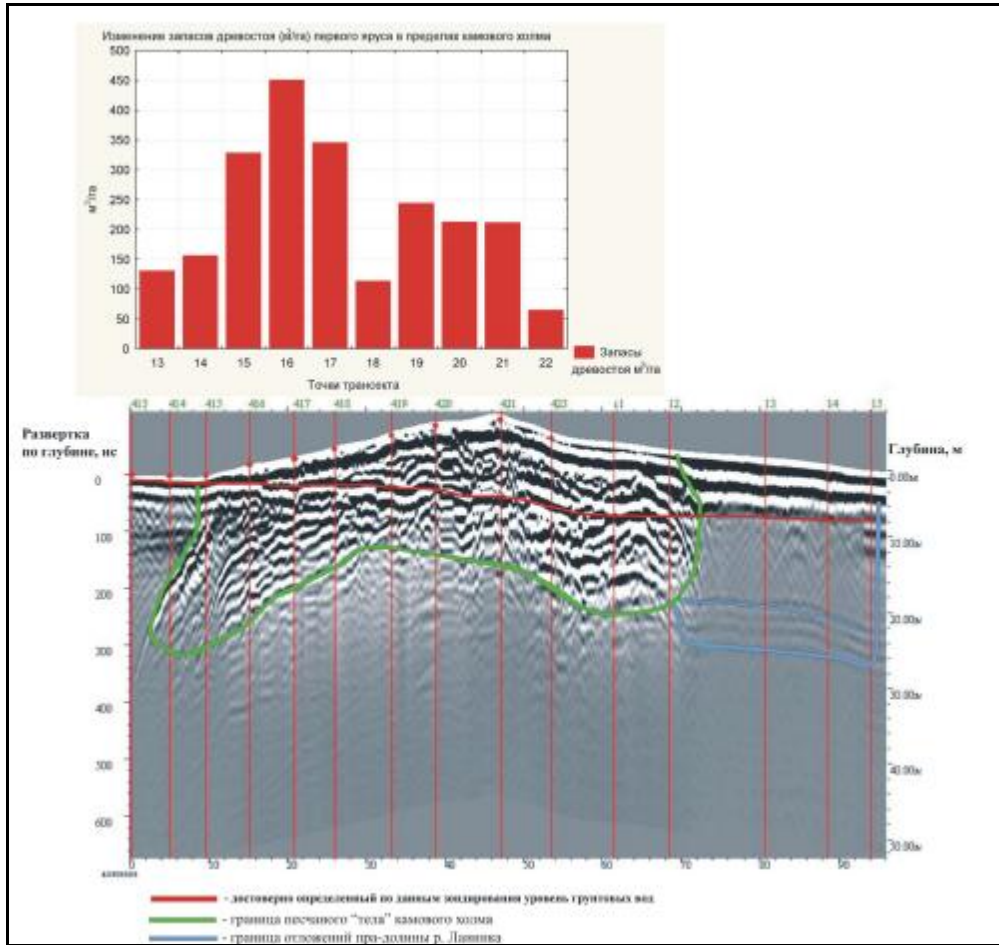


Рис. 3. Связь изменения гидрогеологических условий (радарограмма в нижней части) и запаса соснового древостоя ($\text{м}^3/\text{га}$) в пределах камового холма.

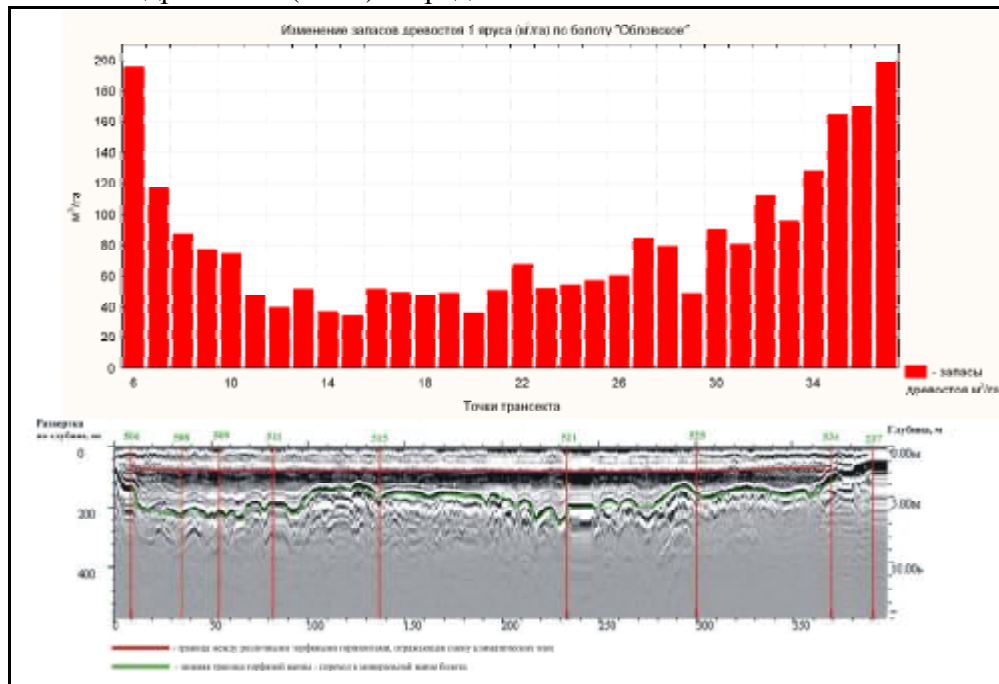


Рис.4. Связь изменения гидрогеологических условий (радарограмма в нижней части) и запаса древостоя ($\text{м}^3/\text{га}$) в пределах верхового болота «Обловское».

Содержание гумуса, как показатель продуктивности ландшафта. В верхней части профиля максимальным содержанием гумуса характеризуются почвы камовой местности моренной равнины (5,1%). Это связано с благоприятными условиями двухчленного строения почвы для обеспечения растений элементами питания, теплом и влагой.

Содержание гумуса в двухчленных почвах крутосклонных холмов камово-озового ландшафта составляет 4,2%.

Практически одинаковое содержание гумуса отмечено для верхних горизонтов песчаных почв (3,6 и 3,5%) озерно-водно-ледниковой равнины.

Наименьшее содержание гумуса в верхнем горизонте выявлено в почвах абра-дированных вершинных поверхностей камово-озового ландшафта (2,3%). Основной причиной низкого содержания органики в почве являются процессы вывала древо-стоя.

На основе анализа широкого спектра количественных данных определены диагностические признаки ТУМ. Эти признаки используются при моделировании ТУМ по морфометрическим параметрам.

Глава IV. Структура природных территориальных комплексов

Классификация поверхности рельефа по морфометрическим величинам распределения геофизических полей. В общем случае закономерно содержательное выделение трех групп морфометрических величин (МВ) с помощью которых можно описать градиенты геофизических полей (Сысуев, 2004):

- 1) описывающих перераспределение солнечной энергии;
- 2) распределение и аккумуляцию воды под действием силы тяжести;
- 3) распределение вещества и энергии.

Были проведены классификации поверхности рельефа по этим параметрам. описывающим движущие силы основных ландшафтных процессов, которые формируют экологические свойства местообитаний растительности.

Дешифрирование структуры растительного покрова по данным дистанционного зондирования. В работе для дешифрирования снимка применена дихотомич-

ческая классификация спектральной съемки Landsat 7. Качество классификации, вычисленное с помощью дискриминантного анализа (Пузаченко, 2004), в целом снижается с каждым последующим уровнем. На 4-ом уровне (16 классов) качество классификации может быть признано достоверным – 94,1%.

Верификация дешифрованных классов проведена методом дискриминантного анализа. Дискриминантный анализ показывает, что все выделенные классы достоверно подтверждаются (распознаются) полевыми лесотаксационными данными. Лучше всех распознаются сомкнутые ельники (с вероятностью 60%).

При верификации содержания классов на основе данных лесотаксационной съемки мы получили окончательную карту растительного покрова, где выделилось 11 классов. Однако верификация ТУМ по данным растительного покрова практически не учитывает дифференциацию рельефа и свойства гигротопа, поэтому выделение потенциальных ТУМ было дополнено классификацией на основе морфометрических параметров распределения геофизических полей.

Классификация потенциальных ТУМ на ландшафтной основе методом дискриминантного анализа с обучающей выборкой. В работе моделирование потенциальных ТУМ было сделано на ландшафтной основе. При моделировании потенциальных ТУМ на основе трансектных описаний для каждого ландшафта сделали обучающую выборку. Методом дискриминантного анализа по основным параметрам распределения геофизических полей рассчитали ТУМ на весь район исследования (рис. 5).

В среднем для каждого ТУМ в ландшафте была сделана выборка из 30 точек с характеристиками морфометрических величин, что является репрезентативной выборкой для дискриминантного анализа.

В целом моделирование ТУМ по параметрам распределения геофизических полей методом дискриминантного анализа имеет высокую степень достоверности распознавания классов (60-70%) и дает корректный результат.

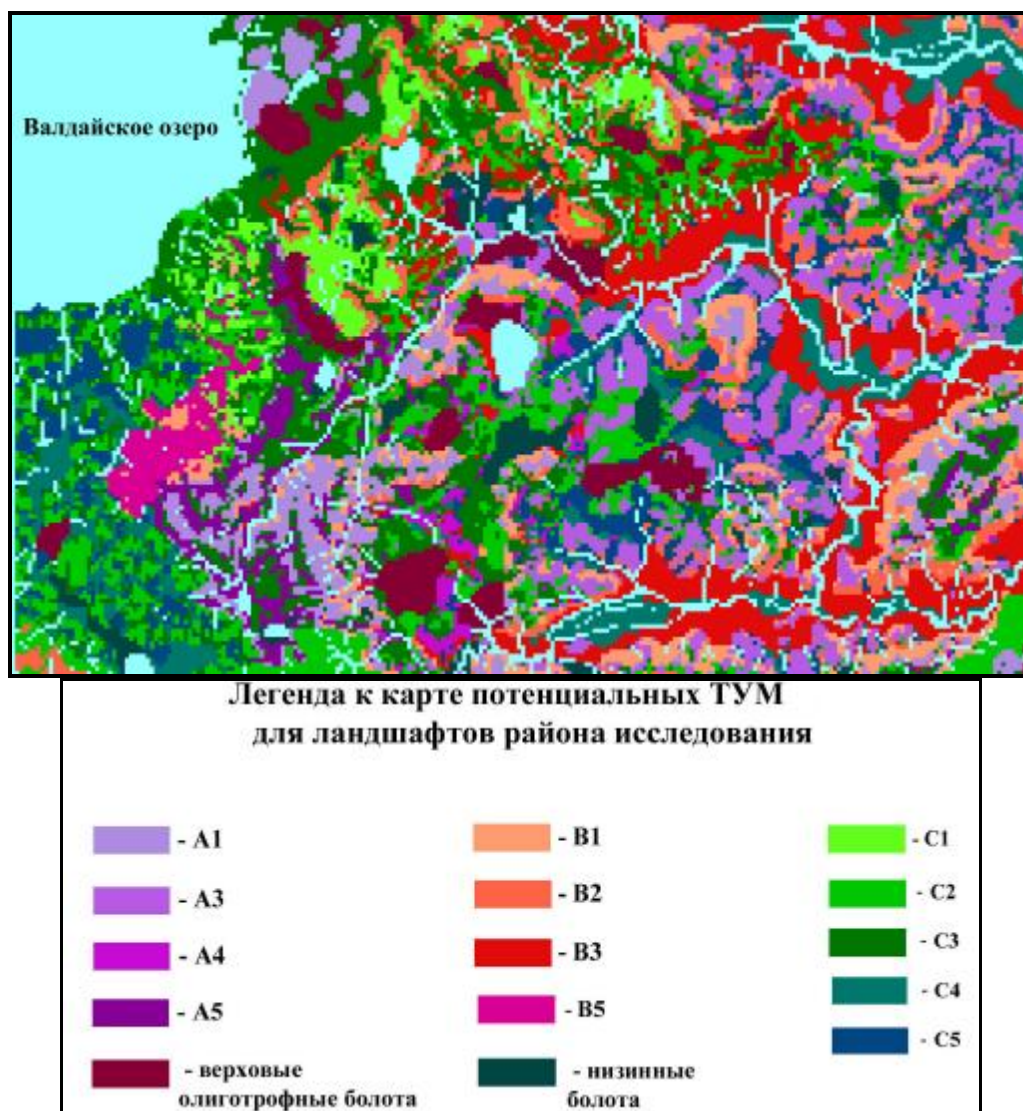


Рис. 5. Карта потенциальных ТУМ растительности, построенная по обучающей выборке методом дискриминантного анализа на ландшафтной основе.

Глава V. Моделирование динамики продукционных процессов функционирования лесных ПТК

Моделировались два контрастных варианта развития лесов: 1) имитируются естественное самоизреживание, естественный распад и воспроизводство древостоев без проведения каких-либо рубок; 2) имитируются сплошные рубки главного пользования при достижении древостоем возраста спелости. Выбор сценариев моделирования обусловлен основными задачами планирования лесохозяйственных мероприятий.

Динамика древостоев рассчитывалась на срок 200 лет, что соответствует полному обороту рубки в условиях южной тайги и позволяет учесть сукцессионную сме-

ну поколений лесных пород. Шаг моделирования равен 5 лет, соответственно всего выполнено 40 шагов моделирования. В обоих сценариях прогнозировались и анализировались следующие показатели продукционного функционирования и динамики леса: породный состав древостоя, на основе которого оценивалась его структура и степень изменчивости лесов, запасы древостоя ($\text{м}^3/\text{га}$) и средний прирост стволовой древесины ($\text{м}^3/\text{га}\cdot\text{год}$).

При моделировании долгосрочной динамики леса *по сценарию естественного самоизреживания и лесовосстановления* получены следующие выводы:

- Будут преобладать чистые, однопородные леса, что говорит о стремлении леса к климаксовому состоянию;
- Отчетливо прогнозируется как ландшафтная дифференциация лесного покрова, ельники доминируют в моренном ландшафте, а сосняки в задровом и озерно-ледниковом, так и внутриландшафтная, когда неблагоприятные, контрастные местообитания занимают сосновые леса.
- Максимальные запасы древостоев прогнозируются в автоморфных местообитаниях конечно-моренной равнины, камовой местности моренной равнины и камово-озового ландшафта. Максимальные запасы леса образуют еловые древостои. По мере нарастания гидроморфизма и бедности почв запасы стволовой древесины уменьшаются, минимальные запасы древостоя отмечены в гидроморфных местообитаниях болот.
- Максимальный средний прирост древесины прогнозируется у ельников трофогенного ряда С на склоновых позициях. При нарастании влажности и сухости местообитаний прогнозируется падение среднего прироста стволовой древесины. Минимальный прирост - во влажных и сухих местообитаниях. Избыточное увлажнение почв сильнее влияет на снижение среднего прироста стволовой древесины, чем их иссушение.

При проведении рубок главного пользования изменение исходного породного состава леса возрастают при нарастании гидроморфности и обедненности местообитаний. Наименьшие изменения породного состава свойственны местообитаниям тро-

тропогенного ряда С и транзитным позициям с оптимальными условиями минерального питания и увлажнения.

При проведении рубок прогнозируется увеличение запасов стволовой древесины в автоморфных местообитаниях тропогенного ряда С; в более бедных местообитаниях тропогенного ряда В рубки практически не повлияют на уровень запасов древесины; в гидроморфных и заболоченных местообитаниях депрессий, болот и долин водотоков прогнозируется уменьшение запасов древесины.

Прогнозирование среднего прироста стволовой древесины древесины древостоя при рубках показало: максимальные значения среднего прироста наблюдаются в местообитаниях, где возобновляются быстрорастущие пионерные виды – сосна и береза. Ельники тропогенного ряда С отличаются высокими показателями среднего прироста. Происходит поляризация показателя среднего прироста по сухим и переувлажненным местообитаниям.

Сравнительный анализ разных сценариев лесопользования позволяет выделить 3 категории лесов по степени изменчивости породного состава: леса, где не выявлено изменений структуры (породного состава); леса с незначительным изменением структуры (смена или выпад второстепенной породы); леса с существенным изменением структуры (смена главной породы).

Результаты сравнения карт прогноза изменчивости структуры леса при контрастных сценариях лесопользования показали: в местообитаниях тропогенного ряда С конечно-моренного ландшафта состав леса практически не изменяется; максимальное изменение (обеднение) структуры леса прогнозируется в пределах камовых местообитаний а также в заболоченных понижениях озерно-водно-ледниковой равнины и низинных болотах. Т.о., наиболее уязвимыми в плане сохранения естественного биоразнообразия являются заболоченные комплексы, местообитания с двучленным строением почв и песчаных холмов.

На основе анализа результатов прогнозирования проведена дифференциация территории по способам рекомендуемого лесопользования и использования природных ресурсов, с целью сохранения устойчивости и естественной структуры расти-

тельного покрова. Всего получено 4 категории ландшафтных комплексов по рекомендуемым типам пользования и уровням воздействия (рис. 6).

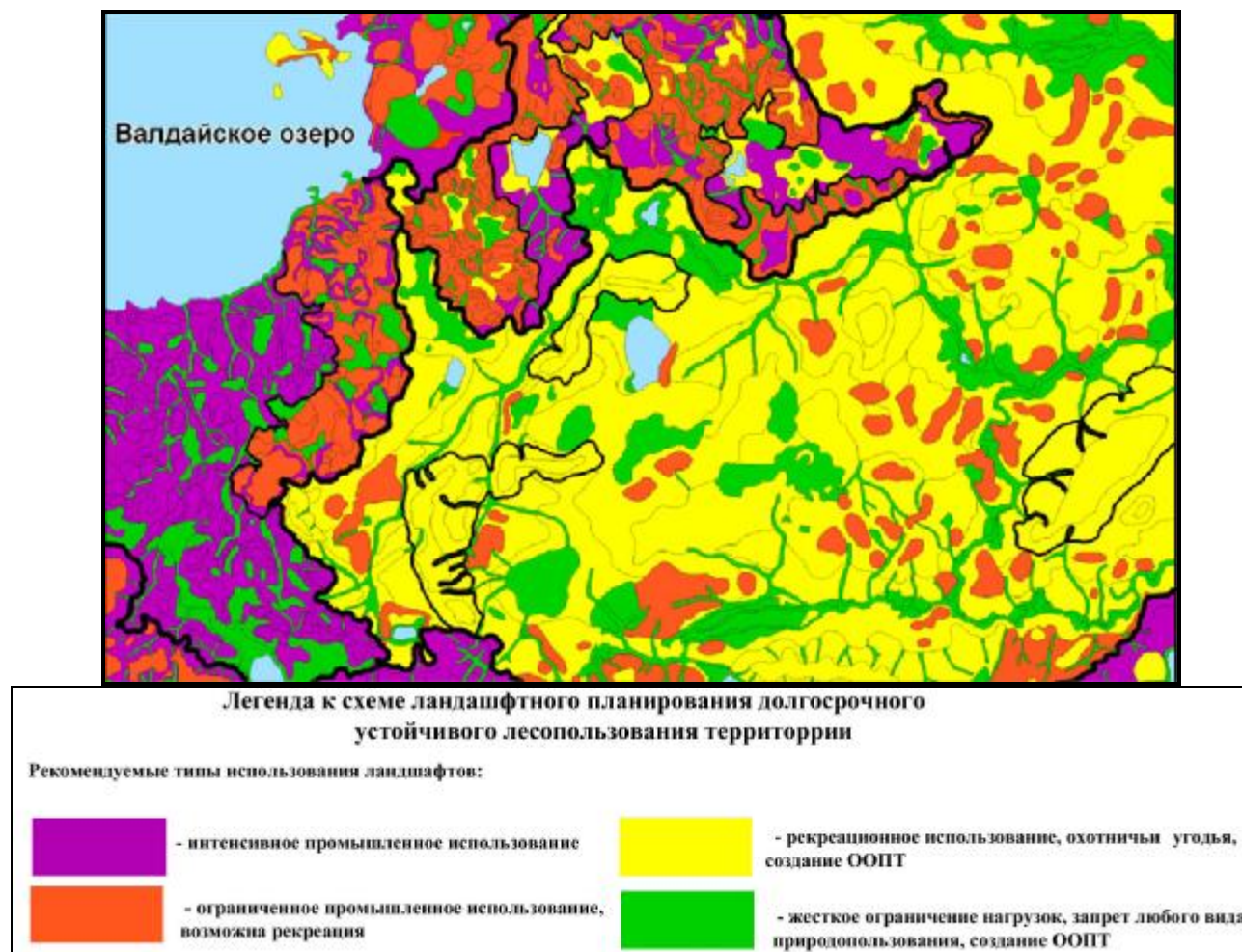


Рис. 6. Карта-схема рекомендаций по ландшафтному планированию долгосрочного устойчивого лесопользования

Заключение

На основе проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Разработана методика долгосрочного прогнозирования продуктивности и состава древостоев на основе моделирования типов условий местообитаний и динамики древостоя на ландшафтной основе.
2. Выявлена строгая приуроченность лесных насаждений к ландшафтной структуре: ельники произрастают в моренных и камовых местообитаниях, сосняки в пределах местообитаний озовых гряд и озерно-водно-ледниковой равнины. Вторичные леса встречаются повсеместно.
3. Для изучения литогенной основы ландшафтов и изменения гидрогеологических условий использовался новый геофизический метод георадарного зондирования.

Наиболее достоверные характеристики литогенной основы получены на песчаных, супесчаных и болотных отложениях. Данный метод позволил выявить тесную связь продуктивности древостоев с гидрогеологическими условиями.

4. Проведенное морфометрическое моделирование и классификация данных дистанционного зондирования отражает контрастные различия ландшафтной структуры на уровне ландшафта, местности и сложных урочищ. Выявление внутриландшафтных структур ПТК выполнено с использованием широкого спектра современных методов полевых исследований.

5. Основными диагностическими признаками ТУМ ландшафтов являются: элемент рельефа и состав поверхностных отложений, глубина грунтовых вод, травяной покров, содержание гумуса и вид почв. На ландшафтном уровне дифференциация ТУМ определяется формами рельефа и составом отложений, на внутриландшафтном уровне основными факторами дифференциации ТУМ являются грунтовые воды и плодородие почв. Моделирование ТУМ для каждого ландшафта методом дискриминантного анализа показало достоверность обусловленности ТУМ морфометрическими параметрами (60%).

6. Имитационное моделирование долгосрочной пространственной динамики разновозрастных многопородных древостоев показало тесную взаимосвязь структуры ландшафта и устойчивости продукционных процессов функционирования к лесохозяйственному воздействию:

- наиболее устойчивые к антропогенному воздействию и продуктивные леса формируются в пределах конечно-моренного ландшафта;
- менее устойчивые к антропогенному воздействию, но также продуктивные леса формируются в пределах камовой местности и камово-озового ландшафта;
- неустойчивые к антропогенному воздействию леса формируются в местообитаниях озерно-водно-ледникового ландшафта, они имеют невысокий средний прирост и запас древесины, и рекомендованы для щадящего природопользования или создания на их базе ООПТ;

- наиболее неустойчивые леса с минимальным средним приростом и запасами древесины приурочены к местообитаниям долин рек и болот, там должен быть запрещен любой вид лесохозяйственного пользования.

7. На основе долгосрочного прогнозирования развития древостоя по контрастным сценариям лесопользования разработаны рекомендации ландшафтного планирования лесопользования.

Основные публикации по теме диссертации:

Статьи в реферируемых журналах списка ВАК:

1. Акбари Х. Х., **Бондарь Ю. Н.**, Сысуев В. В. Индикационные свойства древостоя в ландшафтах краевой зоны валдайского оледенения // Вестник Московского университета. Сер. география. – 2006. - № 6. - С. 59-66.

Статьи и материалы докладов

2. **Бондарь Ю.Н.** Использование метода подповерхностного зондирования (на основе георадара "Око") в геоэкологических исследованиях в национальном парке "Валдайский" // Экологические системы и приборы. - 2008. - №4. - С. 19-29.

3. Акбари Х. Х., **Бондарь Ю. Н.**, Сысуев В. В. Таксационные характеристики древостоя как индикатор структуры ландшафтов краевой зоны валдайского оледенения // Материалы XI Международной ландшафтной конференции. - М.: 2006. – С.154-158.

4. **Бондарь Ю.Н.** Анализ связи структуры лесного покрова и рельефа по данным цифровой модели местности и сканерной космической съемки // Материалы XI Международной ландшафтной конференции. - М.: 2006. – С. 163-165.

5. **Бондарь Ю. Н.** Выделение типов условий местопроизрастания древостоя на основе анализа морфометрических величин // География, геоэкология, геология: материалы Международной научной конференции. - Днепропетровск, Изд-во ДНУ, 2007. – С. 15-18.

6. Сысуев В.В., **Бондарь Ю.Н.**, Сысуева З.В. Возможность использования георадиолокационного зондирования в геоэкологических исследованиях с помощью георадара «Око» // Высокие технологии в медицине, биологии и геоэкологии – 2007: тр. 15-ой Международной Научной Конференции. - Новороссийск, 2007. – С.158-161.

7. **Бондарь Ю.Н.**, Сысуев В.В. Результаты использования георадара подповерхностного зондирования «Око» в геоэкологических исследованиях в национальном парке «Валдайский» // Высокие технологии в медицине, биологии и геоэкологии – 2007: тр. 15-ой Международной научной конференции.- Новороссийск, 2007. – С.161-165.