

*На правах рукописи*

УДК [551.4+574]: 551.312.2 (1-924.14 /.16)

**КОЛОМЫЦЕВ**  
Виктор Александрович

**ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ЗАБОЛОЧЕННОСТИ  
ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ**

25.00.36 – Геоэкология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
доктора географических наук

Петрозаводск 2006

Работа выполнена в лаборатории ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем Института леса Карельского научного центра Российской академии наук

Официальные оппоненты: доктор географических наук,  
профессор, член-корр. РАН  
Румянцев Владислав Александрович

доктор географических наук,  
профессор  
Чистяков Кирилл Валентинович

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Киреев Дмитрий Михайлович

Ведущая организация: Ботанический институт  
им. В.Л.Комарова РАН

Защита состоится \_\_\_\_\_ 2006 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании Специализированного совета Д 212.199.26 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора географических наук при Российском государственном педагогическом университете им. А.И.Герцена по адресу: \_\_\_\_\_, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48 (факультет географии, корп. 12, ауд. 5).

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2006 г.

156326K

Ученый секретарь  
диссертационного совета

И. П. МАХОВА



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Оптимизация природопользования требует представления о количественных и качественных характеристиках биологических ресурсов, вовлекаемых в хозяйственную деятельность, о тенденциях их естественного и антропогенно обусловленного развития. Болотообразовательный процесс является неотъемлемой частью динамики таежных экосистем, значимой для развития всего комплекса природной среды, включая трансформацию рельефа, гидрологических условий, почвенного и растительного покрова и других компонентов таежной биоты. Болотообразование часто провоцируется хозяйственной деятельностью. Исследования заболачивания традиционно проводятся на отдельных объектах – болотах, в заболоченных лесах без учета ландшафтных особенностей территорий. Комплексный ландшафтный метод исследования заболаченности крупного и своеобразного региона тайги, каким является Восточная Фенноскандия, применен впервые, что позволило прогнозировать развитие процесса заболачивания в зависимости от климатических и ландшафтно-экологических условий.

**Объектом** исследования выступает тип географического ландшафта – природно-территориального комплекса и особенности его заболаченности.

**Предмет исследования** – современные тенденции развития болотообразовательного процесса таежных ландшафтов на примере Восточной Фенноскандии (в границах Республики Карелия Российской Федерации).

**Цель работы** заключается в разработке и реализации ландшафтно-экологических методов применительно к изучению болотообразовательного процесса в таежной зоне.

**Достижение цели потребовало решения следующих задач:**

- разработка методов ландшафтных исследований заболаченности тайги;
- определение влияния основных ландшафтно-экологических условий: морфогенеза рельефа, климата и гидрографической сети на структуру и динамику заболаченности Восточной Фенноскандии;
- характеристика воздействия болотообразовательного процесса на структуру, динамику и разнообразие экосистем ландшафтов в подзонах тайги Восточной Фенноскандии;
- предложения по практическому применению результатов исследований в целях оптимизации природопользования в таежной зоне.

**Научная новизна** заключается в представлении современной заболаченности ландшафтов как о важнейшем структурно-динамическом компоненте развития тайги, использовании системного ландшафтно-экологического подхода к оценке роли болотообразовательного процесса в формировании таежного биома, экологическом обосновании критериев освоения и охраны болот и заболоченных лесов.

Впервые для таежной зоны на примере карельской части Восточной Фенноскандии выявлено следующее:

- зональные топологически детерминированные особенности заболоченности на ландшафтном уровне организации экосистем, пространство и типологическая структура заболоченных, болотных лесных и безлесных местообитаний;
- зависимость степени заболоченности ландшафтов от их морфогенеза и особенностей гидрографической сети;
- получены данные о влиянии флуктуаций современного климата на динамику лесо- и болотообразовательного процессов и о почвенно-фитоценологических процессах под воздействием горизонтального роста болот;
- определена роль заболачивания в формировании фрагментации и разнообразия таежных комплексов;
- разработана оригинальная методика определения потенциальной скорости заболачивания и предложена модель горизонтального роста болот в зависимости от морфометрических особенностей ландшафтов и естественного процесса заболачивания и гидролесомелиорации на примере модельной территории;
- выполнено районирование Восточной Фенноскандии (в границах Республики Карелия) по различным параметрам болотообразовательного процесса – степени и характеру заболоченности и потенциальной скорости горизонтального роста болот в целях экологически целесообразной степени освоения и охраны болот и заболоченных лесов.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в определении влияния региональных ландшафтно-экологических условий на структуру и динамику заболоченности; воздействия болотообразовательного процесса на структуру, динамику и разнообразие таежных экосистем; в разработке методических подходов ландшафтно-экологических исследований заболоченности тайги.

**Практическое значение работы** заключается в прогнозе естественной динамики заболоченности и ее саморазвития, применении ландшафтных принципов районирования болот и заболоченных лесов. Предложен дифференцированный по ландшафтно-экологическим критериям подход к мерам борьбы с заболачиванием тайги и его оптимизации в качестве одного из важнейших лесохозяйственных мероприятий по планированию устойчивого развития таежных экосистем. Заложена методическая основа для оценки прироста торфа в таежной зоне как важного возобновимого энергоносителя.

**Апробация.** По материалам диссертации опубликована 51 работа. Из них 6 монографий (2 персональные), 23 статьи (14 в соавторстве), из них 5 – в центральной печати, и 21 – это материалы и тезисы докладов

международных, всесоюзных и всероссийских конференций и симпозиумов.

Отдельные положения диссертации доложены и обсуждены на региональном совещании «Повышение продуктивности и рационального использования биологических ресурсов Европейского Севера СССР», 1982 г., Петрозаводск; VII Всесоюзном совещании по мелиорации Нечерноземья, 1986 г., Ровно; секции болотоведения БИН АН СССР, 1985 г., Ленинград; Всесоюзном совещании «Оптимизация, прогноз и охрана природной среды», 1986 г., Москва; региональной конференции «Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера», 1991 г., Петрозаводск; Всесоюзном совещании «Проблемы устойчивости биологических систем», 1991 г., Севастополь; Всесоюзном совещании «Лесная типология в кадастровой оценке лесных ресурсов», 1991 г., Днепропетровск; Региональном совещании «Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера», 1991 г., Архангельск; Всероссийском совещании «Эколого-биологическое обоснование гидролесомелиорации и реконструкции лесосушительных систем», 1996 г., Петрозаводск; Международном совещании «Динамика болотных экосистем в голоцене», 1998 г., Петрозаводск; Международном семинаре «Роль девственной наземной биоты в современных условиях глобальных изменений окружающей среды: Биотическая регуляция окружающей среды», 1998 г., Петрозаводск; Международной конференции и выездной научной сессии ООБ РАН «Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии», 1999 г., Петрозаводск; Международной научно-практической конференции «Коренные леса таежной Европы», 1999 г., Петрозаводск; Юбилейной научной конференции Карельского НЦ РАН, посвященной 275-летию РАН; на Президиуме КарНЦ РАН, май 2003 г.; Международной конференции «Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы», ноябрь 2004 г.; Международном симпозиуме «Болотные экосистемы севера Европы: биоразнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана», сентябрь 2005 г.

Работа над диссертацией выполнялась в ходе исследований по восьми темам НИР Института леса КарНЦ РАН с 1981 г. (по настоящее время), одним из ключевых разделов которых является ландшафтно-экологическая оценка заболоченности ландшафтов. Кроме того, комплексные работы в этом направлении выполнялись по заданию ЛИО «Атомэнергопроект», регистрационный номер 0290.0 052219 – «Оценка современной экологической ситуации в зоне предполагаемого строительства Карельской АЭС и перспектив ее изменения», 1989–1990 гг. (рук. темы); по заданию Министерства экологии Республики Карелия «Экологическая карта Карелии», 1992 г. (рук. темы); «Экологическая инвентаризация территорий планируемых к созданию национальных парков «Кой-

тайоки-Толвоярви», (рук. темы), «Калевальский», «Тулос» (рук. разделов); «Биоразнообразие зеленого пояса Фенноскандии» (рук. разд., 1997–2000 гг.) и др.

**Личный вклад автора** заключается в постановке и решении проблем методологического и методического характера, проведении всех этапов полевых и камеральных работ: сборе и анализе данных, написании диссертации и выполнении иллюстративного и табличного материала.

**Структура диссертации.** Диссертация изложена на 312 страницах текста, содержит 55 таблиц и 131 рисунок и график. Список литературы включает 224 работы, в том числе 20 иностранных.

Исходя из полученных новых данных по зональным и ландшафтно-типологическим аспектам заболоченности тайги выдвинуты следующие **защищаемые положения:**

1) болотообразовательный процесс в тайге – зонально обусловленное явление; воздействие основных макроэкологических факторов – рельефа и климата – на болотообразовательный процесс заключается в том, что степень заболоченности таежной территории зависит от расчлененности рельефа, а ее характер – соотношение категорий заболоченных и болотных земель и потенциальная энергия заболачивания – от морфогенеза ландшафтов, климатических условий подзон тайги и современных климатических флуктуаций;

2) заболачивание в таежной зоне выступает в качестве ведущего современного естественного процесса, обуславливающего развитие экосистем, и является основным экологическим системоформирующим фактором, определяющим фрагментацию лесного и почвенного покрова и разнообразие природных комплексов;

3) основным методом оценки процесса современного заболачивания в природных комплексах ландшафтного уровня организации экосистем является метод расчета горизонтального роста болот, который опирается на показатели средних значений вертикального прироста торфа и уклонов поверхностей незаболоченных территорий, определяющих потенциальную скорость заболачивания;

4) экологически обоснованные объемы освоения и охраны болот и заболоченных лесов в целях оптимизации природопользования основываются на дифференцированной ландшафтно-экологической оценке основных параметров болотообразовательного процесса, таких как степень и характер заболоченности, потенциальная энергия и потенциальная скорость заболачивания.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** отмечено, что основные экосистемы Восточной Фенноскандии в границах Республики Карелия – это леса, болота и водоемы. Заболоченные земли и болота занимают 5,4 млн. га, или 37% площади гослесфонда (Пьявченко, Коломьшев, 1980). Прирост древесины в заболоченных лесах низ-

кий, а запас ее 40–60 м<sup>3</sup>/га (Пятецкий, Медведева, 1967; Медведева, 1980; Саковец и др., 2000). Наряду с Финляндией, Карелия отличается хорошей изученностью болот. Большой вклад в их исследование внесли известные российские болотоведы: М.С. Боч, Е.А. Галкина, Л.Я. Лепин, В.Д. Лопатин, Н.И. Пьявченко и др. В 1957 г. был издан кадастр «Торфяной фонд Карельской АССР», дополненный в 1979 г. Активно проводятся исследования болот и в настоящее время. Под руководством Н.И. Пьявченко, В.М. Медведевой и Г.Е. Пятецкого в 60–80-х гг. XX в. проводилось изучение болот и заболоченных лесов в целях их хозяйственного использования – как основных объектов лесной гидромелиорации. Степень заболоченности не статична (Пьявченко, Коломьшев, 1980). Причем заболачивание не следует воспринимать однозначно положительно, принимая во внимание его естественность, или отрицательно, исходя из хозяйственных, потребительских соображений. В экономическом и экологическом отношении наиболее эффективным способом является гидросомелиорация (Пьявченко, Сабо, 1962; Сабо, 1966; Вомперский, 1968, 1991; Константинов, 1979; Чупров, Тараканов, 1980; Вомперский, Глухова, 1982; и др.). До настоящего времени в Карелии основным критерием освоения болот и заболоченных лесов служит потенциальная продуктивность этих категорий земель (Пятецкий, Медведева, 1967). Разработанный подход к выделению групп эффективности гидросомелиоративного фонда (при всей своей конкретности и исключительно большой практической значимости) и его административно-территориальное деление не позволили сформировать целостное представление о структуре и динамике заболоченности. Для разрешения противоречия между этими подходами был предложен ландшафтно-экологический метод исследования современной структуры и динамики таежных экосистем (Коломьшев, 1986, 1993а, б, 1999, 2001, 2004а, б; Волков и др., 1990, 1995; и др.).

### **Глава I. Природные условия Восточной Фенноскандии, обзор литературы по теме диссертации и методы исследования**

**1.1. Физико-географические условия Восточной Фенноскандии** определяются ее положением на северо-западе России между 60 и 66° с.ш. и 28 и 37° в.д. (рис. 1, табл.). Подавляющая часть ее занимает Балтийский кристаллический щит со сложным тектоническим режимом и характеризуется пестротой литологического состава архейского и протерозойского возраста в сочетании с четвертичными осадками (Бискэ, 1959; Лилиенберг и др., 1972; Лукашов, 1976; Волков и др., 1990, 1995).

Гидротермический коэффициент на всей территории республики составляет в среднем 1,5, что создает благоприятные условия для развития гидро- и гигрофильной растительности. Почвы довольно разнообразны (Почвы Карелии, 1981). Широко развиты болотно-подзолистые, торфяно-болотные почвы и подзолы иллювиально-гумусовые (Соколов, Таргульян, 1976; Чертов, 1981; Морозова, 1991). Леса являются основными экосистемами региона. В подзоне северной тайги господствуют сосновые

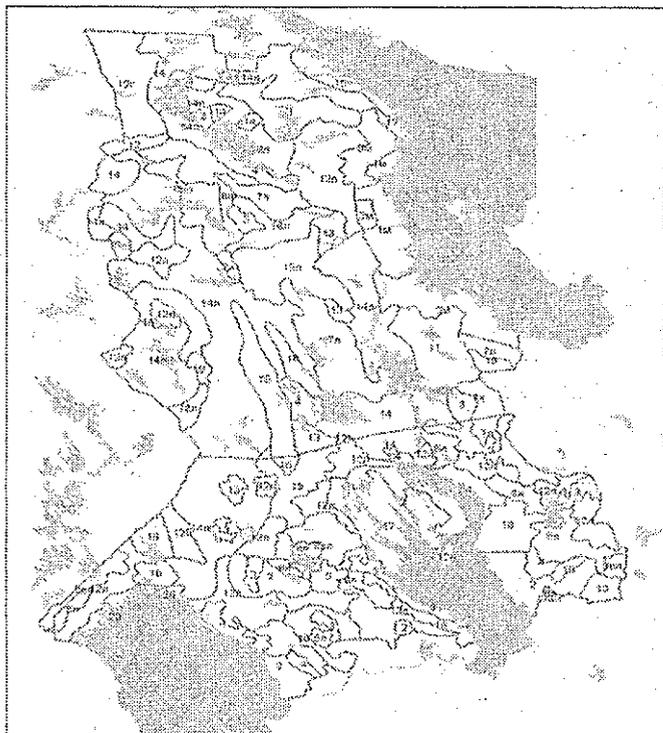


Рис. 1. Карта типов ландшафтов Восточной Финноскандии (в границах Республики Карелия) (по: Волков и др., 1995).

Условные обозначения – типологическую принадлежность и нумерацию ландшафтов см. в табл.

леса – более 70% территории. В подзоне средней тайги сосняками занято 39,9%, ельниками – 40,1%. Береза, осина, ольха формируют вторичные древостой на 20% (Яковлев, Воронова, 1959; Кищенко, Козлов, 1966; Казимиров, 1971). Ландшафтная карта Карелии отражает современное распределение коренных сосновой и еловой формаций (рис. 1, табл.). Средние бонитеты древостоев в сильно заболоченных ландшафтах ниже на 0,5–1,5 класса, а прирост по запасу – на 1–3 м<sup>3</sup>/га в год (Волков, Шелехов, 1985; Громцев, 1985, 1993, 2000; Коломыцев, 1985, 1989, 1993а, 2003а, б; Волков и др., 1990, 1995). Болота являются субдоминантными экосистемами. Но в равнинных ландшафтах они, наряду с заболоченными лесами, формируют физиономический фон территории (Коломыцев, 1993, 1999, 2001). В подзоне северной тайги гослесфонд заболочен на 42, в средней тайге – на 31% (Пьявченко, Коломыцев, 1980; Саковец и др., 2000).

### Классификация типов ландшафтов Карелии (по: Волков и др., 1995)

Пресобладающие типы местообитаний (по коренным формациям)	Заболоченность территории		
	сильная >50%	средняя 20–50%	слабая <20%
I. Озерные, озерно-ледниковые и морские (М) равнины			
Еловые	1	2	–
Сосновые	3	4	5
II. Ледниковые (Л) и водно-ледниковые (ВЛ) холмисто-грядовые			
Еловые	–	6	–
Сосновые	7	8	9
III. Ледниково-аккумулятивные сложного рельефа			
Еловые	–	10	–
Сосновые	–	11	–
IV. Денудационно-тектонические холмисто-грядовые с комплексами ледниковых образований (Л) и низогорий (Г)			
Еловые	–	12	–
Сосновые	13	14	–
V. Денудационно-тектонические грядовые (сельговые)			
Еловые	–	15	16
Сосновые	–	17	18
VI. Скальные			
Сосновые	–	19	20

Анализ физико-географических условий Восточной Финноскандии и история развития ее территории позволяют сделать вывод о том, что основным фактором, обуславливающим широкое развитие процесса заболачивания, является климат. Исключительно сложное строение рельефа, формирование которого связано с тектоническими нарушениями докембрийского кристаллического щита, экзарационной и аккумулятивной деятельностью ледника и его талых вод, привело к неравномерности заболоченности региона.

**1.2. В обзоре литературы по теме исследований** отмечено, что изучение болот и заболоченных лесов таежной зоны начались в конце XIX – начале XX вв. Тем не менее, по мнению С.Э. Вомперского (1991), до сих пор в изучении феномена заболоченности осталось немало «темных пятен». Многообразие типов болот и проявлений болотообразовательного процесса в различных зонально-климатических и региональных условиях способствовало формированию нескольких научных направлений. Рассмотрены понятия «болото» и «ландшафт» (Weber, 1902; Аболин, 1914, 1928; Сукачев, 1926; Галкина, 1946; Берг, 1947; Лопатин, 1947, 1980; Солнцев, 1948; Исаченко, 1961; Пьявченко, 1963; Ниценко, 1967; Тамошайтис, 1967; Галкина, Козлова, 1971; Брадис, 1974; Григялите, Тамошайтис, 1974; Елпатьевский и др., 1974; Козлова, 1974; Рубцов, 1974; Елизаров и др., 1991 и др.). В результате сделан вывод о том, что в системе иерархии классификационных единиц

таежного ландшафта болото следует рассматривать в качестве его структурного компонента. Приведен анализ ряда макроэкологических факторов: **климат и заболачивание** (Доктуровский, 1922; Сукачев, 1926; Иванов, 1953, 1957; Пьявченко, 1963; Рубцов, 1967; Малик и др., 1981; Караваева, 1982; и др.); влияние вырубок (Шмидт, 1936; Кошечев, 1955; Рохмистров, 1989); изменение почвенно-экологических условий в результате заболачивания (Пьявченко, 1963; Никифоров и др., 1981; Караваева, 1982; Нечаева, 1985; Еруков, Власкова, 1986; Пологова, 1986; Коломыцев, 1989, 1993а, 2001); **рельеф и заболачивание** (Кац, 1937, 1948, 1971; Никонов, 1949, 1955; Галкина, Козлова, 1971; Юрковская, 1971; Тюрменов, 1976; Елина и др., 1984; Караваева, 1982; Седых, 1990 и др.). Влияние рельефа на заболачивание тем сильнее, чем суше климат, и утрачивается в областях с океаническим климатом, где развиваются болота – «плащи» (Tansly, 1946; Кац, 1971; Лопатин, 1980; Eugola et al., 1984; Коломыцев, 1985, 1986, 1988, 1989, 1993а, б, 1998, 2001, 2003, 2004а, б; Kolomytsev, 2003; Волков и др., 1990, 1995; Kolomytsev, Kuznetsov, 1997 и др.). Внутриландшафтное распределение типов болотных урочищ в целом зависит от их положения в рельефе относительно базиса эрозии (Титов, 1952; Галкина, 1959; Пьявченко, 1963; Галкина, Козлова, 1971; Елина, 1971а, б; Козлова, 1971; Березина и др., 1974; Предтеченский, Скобеева, 1974; Вомперский, Глухова, 1982). Уникальность Карелии и Фенноскандии в целом заключается в широком развитии местных базисов эрозии, что создает сложности в определении общей внутриландшафтной закономерности распределения типов болот и их саморазвития (Галкина, 1959). **Неотектоника и сейсмодислокации** влияют на заболачивание и эндодинамику болот. Темпы торфонакопления и неотектонических движений сопоставимы, т.е. находятся в пределах миллиметров (Либлинберг и др., 1971; Елина, 1981; Елина и др., 1984, 2000). Развитие болот при трансгрессивно-регрессивной деятельности водоемов проявлялось в нарушении их эндодинамики и скорости торфонакопления – от перерывов (в течение тыс. лет) до 1 мм/год (Елина, Антипин, 1992; Елина и др., 2000). Однако регрессия водоемов сопровождается интенсивным заболачиванием освободившихся от воды территорий (Lukkala, 1934; Белоусова, 1971; Коломыцев, 1985, 1993; Mäkilä, 1997; Елина и др., 2000). **Районирование болот.** Сложность геоморфологического строения Карелии и типологическая пестрота болотных массивов отразились на районировании болот региона (Цинзерлинг, 1934; Галкина, Козлова, 1971; Юрковская, 1971; Елина и др., 1984; Кузнецов, 2003). Общей чертой подходов к болотному районированию является генерализация территорий, где имеются два-три характерных типа болот. Однако в подзоне средней тайги таких специфических типов болот не выявлено (Юрковская, 1975; Елина и др., 1984). **Гидрологические условия** оказывают существенное влияние на заболоченность и заболачивание территории (Иванов, 1953). Анализ литературы свидетельствует о том, что противоречие между ландшафтно-типологическим и бассейновым подходами к районирова-

нию и геоэкологической оценке территорий заключается в наличии жестко детерминированных границ, определяемых по совершенно различным критериям (Глушков, 1934; Солнцев, 1948; Исаченко, 1965, 1980; Змиева, Субботин, 1976; Солнцев и др., 1976; Антипов и др., 1989; Кори́тный и др., 1991; Коломыцев, 2001). С экологической точки зрения водорегулирующая роль болот определяется не столько количественной компенсацией водности рек за счет стока с болот в межливневый период, сколько изменением химического состава вод (Вомперский, 1991). **Болота в структуре ландшафта.** В настоящее время в Карелии разработана ландшафтно-типологическая классификация природных комплексов и проведено ландшафтное районирование территории по экологическим, хозяйственным, ресурсным и другим критериям (Волков, 1986; Волков и др., 1990, 1995; Громцев, 1993, 2000; Коломыцев, 1995, 1998, 1993а, б, 2001 и др.) (рис. 1, табл.). При выделении ландшафтов использовался классификационный (типологический) принцип (Солнцев, 1948; Жекулин, 1961; Арманд, 1970; Волков и др., 1985; Волков, 1986). Степень заболоченности является одним из ключевых признаков типа таежного ландшафта. **Темпы и характер заболачивания территории** в связи с латеральным (горизонтальным) разрастанием болот давно привлекали внимание исследователей – с 20–30-х гг. XX века как в СССР, так и в Скандинавии в связи с его влиянием на развитие народного хозяйства (Malmstrom, 1931; Huikkari, 1956, по: Пьявченко, 1963; Lukkala, 1934 и др.). Расчеты показали, что увеличение площади болот за последние 2 тыс. лет составляет около 1,5–2% в тысячелетие (Lukkala, 1934, по: Коломыцев, 1993а). Другие значения были получены по спилам и высечкам из стволов сосен, растущих на болотных окрайках, – от 1 до 6 м/год (Дубах, Спарро, 1918; Спарро, 1925; Писарьков, 1927). А.Корхола (Korhola, 1992) пришел к выводу о пульсирующем характере роста болот (от 16 до 8000 м<sup>2</sup>/тыс. лет), который регулируется рельефом. Аналогичные данные приводят и другие исследователи (Mäkilä, 1997; Mäkilä et al., 2000; Елина и др., 2000). Методы сравнения заболоченности по картам разных лет, после пожара и метод высечек дают представление о реальных темпах заболачивания лишь для конкретного объекта и в определенный отрезок времени. Как было установлено (Илометс, 1981), торф формируется в среднем из 16% ежегодно продуцируемой биомассы. Финские исследователи также пришли к выводу, что такие расчеты следует осуществлять исходя из средних величин аккумуляции торфа в инертном горизонте (Tolonen et al., 1995). **Моделирование процесса заболачивания** с целью изучения ретроспективного и перспективного его развития в последнее время находит все большее распространение (Валк, 1971; Болота Западной Сибири..., 1976; Елина, 1981; Елина и др., 1984, 2000; Елина, 1995 и др.). Оригинальный подход к моделированию процесса заболачивания в таежной зоне предложен Ф.З.Глебовым (1984). Он основывается на построении равнозначной матричной поверхности, в узлах (ячейках) которой размещаются очаги растущих болот. Предложенная Ф.З. Глебовым модель

косвенно обосновывает лимитирующий фактор рельефа по отношению к заболачиванию. Заболачивание может сильно снизить темпы или прекратиться при исчерпании «удобного фонда» рельефа, при благоприятных гидроклиматических условиях. По мнению М.И. Нейштадта (1977), болота в Западной Сибири растут в стороны со средней скоростью 15 см/год и рост их продолжает прогрессировать. В заключение необходимо подчеркнуть, что изучение структуры и динамики заболоченности с ландшафтных позиций выявило ряд противоречий в определениях понятий «ландшафт» и «болото» («болото – это ландшафт...», по определению Н.И. Пьявченко (1963), Ф.З. Глебова (1984)), хотя в целом болото понимается большинством ученых как структурный компонент ландшафта. Несмотря на довольно хорошую изученность болот Карелии, проблемы, связанные с влиянием зональных и азональных (ландшафтных) факторов на направленность и темпы динамики не только болот, но, *прежде всего, заболоченности* Восточной Фенноскандии и таежной зоны в целом, либо не рассматривались, либо проведенные ранее исследования недостаточны. Сложившиеся принципы районирования болот и гидроресурсо-мелиоративного фонда Карелии не отвечают современным требованиям оптимизации их охраны и вовлечения в хозяйственную деятельность, поскольку исследования проводились преимущественно на болотах, т.е. отдельных объектах. Не изучалась динамика болот в связи с изменениями современного климата, морфогенезом и морфологическими особенностями ландшафтов.

**1.3. Объекты и методы исследований.** Основными объектами исследований являлись таежные ландшафты и их заболоченность (включая болота и заболоченные леса различных типов) т.е. проявление болотообразовательного процесса в целом, что служит одним из важнейших компонентов их структурно-динамической организации. Типы ландшафтов характеризуются единством морфогенеза территории, но отличаются сложностью структуры слагающих их экосистем (Сукачев, 1926; Солнцев, 1948; Коломыцев, 1985, 1986, 1989, 1993а, б, 1999, 2001, 2004а, б; Волков, 1986). Исследование заболоченности ландшафтов проводилось в три этапа. Первый – камеральный. По литературным источникам, картам различного масштаба и назначения, аэрофотоснимкам составлялось предварительное представление о заболоченности ландшафтов. Второй – полевые исследования болот и заболоченных лесов на ландшафтных профилях. При теодолитной съемке фиксировались протяженность категорий земель: суходольных (незаболоченных), заболоченных, со слоем торфа до 30 см – и болотных с торфом более 30 см и соответствующим им уклоны поверхности ( $i = \text{tg } \alpha$ ). Наличие торфа и его глубина устанавливались путем зондирования торфяным буром. На болотах и в заболоченных лесах проводилось таксационное описание древостоя и геоботаническое описание напочвенного растительного покрова (Быков, 1983). Бурение торфяной залежи до минерального дна сопровождалось отбором

образцов торфа с целью определения ботанического состава, степени разложения, pH и зольности. Образцы отбирались по генетическим горизонтам в зависимости от структуры, цвета и степени разложения его слоев, а при значительной мощности торфа (более 1 м) – через 0,25 или 0,5 м. На третьем этапе для каждого ландшафтного профиля (типа ландшафта) по данным тахеометрической съемки проводились расчеты протяженности и уклонов поверхностей по категориям земель: суходольных, заболоченных и болотных (лесных и открытых). Далее проводилась группировка данных по распределению категорий земель в интервалах значений уклонов поверхности ( $i < 0,001 < 0,01 < 0,1 < 1,0$ ) с указанием их относительной протяженности по профилю (Коломыцев, 1986, 1989, 1993а, б, 2001, 2004а, б). Темпы заболачивания в пределах типов и морфогенетических групп ландшафтов определялись по формуле (Коломыцев, 1986):

$$L = (h/i)t, \quad (1)$$

где L – линейная скорость разрастания болот, м/год;

h – средний за период голоцена вертикальный прирост торфа, м/год;

i – среднее значение уклона поверхности, выраженное через  $\text{tg } \alpha$ ;

t – время, лет.

Величина вертикального прироста торфа (h), равная 0,8 мм/год, принята по: Елина, 1981; Елина и др., 1984. Уклоны поверхности (i, выраженные через  $\text{tg } \alpha$ ) в ландшафтах определялись на основе теодолитной съемки профилей. По этим же данным рассчитывалось их среднее взвешенное значение. Для расчета скорости заболачивания эта величина бралась без учета поверхностей, занятых болотными землями, так как они усиливают его выположенность. Рассчитанные по профилям средние взвешенные значения уклонов поверхности для ландшафтов с ориентированными формами рельефа представляют собой средние минимальные показатели, поскольку профили прокладывались перпендикулярно грядам и межгрядовым котловинам. Кроме минимальных значений горизонтального роста болот существуют и максимальные, характерные для продольных осей болотных котловин. Следовательно, расчеты площадных значений роста болот должны проводиться с учетом этих характеристик болотных массивов и систем в типах и группах ландшафтов:

$S_{\text{ср.б}}$  – средняя площадь болотного массива (системы), га;

n – количество болотных массивов (систем) со средней площадью в пределах контура определенного типа ландшафта;

e – коэффициент вытянутости болота (эксцентриситет), который определяется отношением его ширины к длине

$$e = b/a \quad (2)$$

где a – средняя длина болота (в метрах), измеряемая на карте или определяемая по формуле:

$$a = S_{\text{ср.б.}} / e \quad (3)$$

b = средняя ширина болота (в метрах), измеряемая по карте или определяемая по формуле:

$$b = S_{\text{ср.б.}} \cdot e; \quad (4)$$

$i_a$  – средний минимальный по «а» уклон поверхности, определяемый по формуле:

$$i_a = i_b \cdot e, \quad (5)$$

при известном значении  $i_b$  для типов и групп ландшафтов, которое определено по данным тахеометрической съемки профилей. Таким образом, формула расчета заболачивания за счет экспансии болот, исходя из площади прямоугольника, имеет следующий вид:

$$S = [(a + 2 \cdot (h/i_a) \cdot t) \cdot (b + 2 \cdot (h/i_b) \cdot t)] n \quad (6)$$

$$\text{или} \quad S = [(a + 2L_a) (b + 2L_b)] n \quad (7)$$

Данные по морфометрии болотных массивов и систем для типов ландшафтов получены с карты масштаба 1 : 600 000, опубликованной в «Торфяном фонде...» (1957).

Анализ растительности болот и заболоченных лесов и стратиграфии торфов базировался на оригинальных данных, полученных на ландшафтных профилях, с использованием стандартных методик (Методы..., 1939). Он заключался в исследовании распределения групп и типов фаций болот и заболоченных лесов по высотным уровням относительно внутриландшафтного базиса эрозии, а также сопряженности однонаправленных сукцессий растительности по торфяным залежам ландшафта (Коломыцев, 1985, 1989, 1993а, 2001 и др.).

Влияние современных флуктуаций основных климатических факторов – температуры воздуха и атмосферных осадков – на взаимоотношение леса и болота изучалось методом аэрофотомониторинга по аэрофотоснимкам 1946–1948 и 1969–1980 гг. для двух типов среднеэтажных ландшафтов. Достоверность дешифрирования аэрофотоснимков обеспечена данными наземных исследований, выполненных на ландшафтных профилях на этих территориях. Анализ климатических флуктуаций выполнялся на основе трех гидрометеорологических станций (ГМС) южной Карелии (Олонец, Петрозаводск и Сортавала), ряд наблюдений которых охватывает период с середины XIX в. до настоящего времени. Поскольку данные по температуре и осадкам всех этих станций имели несинхронные перерывы от 2–3 до 20 лет, за основу были приняты наиболее полные сведения по ГМС Петрозаводск, а недостающая информация была восполнена путем расчетов с использованием соответствующих коэффициентов согласно имеющимся данным по другим ГМС по формуле:

$$O/T_m(n) = O/T_m(x) \cdot Ko/t_m(x),$$

где  $O/T_m(n)$  – сумма осадков / или средняя температура месяца по ГМС Петрозаводск;

$O/T_m(x)$  – имеющиеся данные по суммам осадков / или средней тем-

пературе месяца одной из ГМС, которая располагает показателями за соответствующий период;

$Ko/t_m(x)$  – коэффициенты соответствия месячных сумм осадков ( $Ko$ ) / или среднемесячных температур ( $t_m$ ) по имеющимся данным к средним значениям по ГМС Петрозаводск (Коломыцев, Шелехов, 1980; Коломыцев, 1993а, 2001; Коломыцев, Лядинский, 2000).

Непрерывные значения по температурам и осадкам позволили определить тренд индекса увлажнения по нескольким формулам (Энциклопедический словарь..., 1968). Исходя из имеющихся в нашем распоряжении данных мы выбрали формулу расчета индекса увлажнения по Стенцу (там же):

$$M = R/E,$$

где R – годовая сумма осадков, мм;

E – годовая испаряемость, которая определяется по Л.Тюрку (Баланс..., 1958) для годового интервала времени:

$$E = 300 + 25t + 0,05t^2,$$

где t – средняя годовая температура воздуха, °С.

Изучение механизма заболачивания, который сопровождается трансформацией растительного покрова и почвы, проводилось на малых экологических лесоболотных профилях (катенах), проложенных через окрайки болот в соответствии с общепринятыми методами описания и картирования растительности, описания почвенных разрезов, химического и механического анализа почв.

В северотаежной подзоне проложено 16 профилей общей протяженностью 70 км в 12 из 16 выделенных здесь типов ландшафта и в среднеэтажной подзоне – 28 профилей протяженностью 143 км в 16 типах ландшафта. В общей сложности сделано около 300 описаний растительного покрова фаций болот и заболоченных лесов, отобрано около 2000 образцов торфа с целью изучения стратиграфии торфяных залежей. В образцах торфа определялись ботанический состав, степень разложения органического материала, кислотность и зольность.

## Глава II. Ландшафтно-экологическая структура и динамика заболоченности северотаежной подзоны

**2.1. Группа равнинных ландшафтов.** Ландшафты морских, озерных и озерно-ледниковых равнин занимают 14% территории, представлены четырьмя типами: морских равнин: сильнозаболоченный с преобладанием еловых местообитаний – 1м, морских равнин сильнозаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний – 3м, озерно-ледниковых равнин сильнозаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний – 3, озерно-ледниковых равнин среднезаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний – 4 и 12-ю контурами (Волков и др., 1995). Заболоченность ландшафтов варьирует от 40 до 85%. Заболоченные леса распространены сравнительно слабо – менее 1/3 от общей заболоченности.

Лесные болота распространены в еще меньшей степени, составляя около 15% от общей заболоченности. Преобладают открытые болота. В строении верхнего слоя торфяных залежей болот в ландшафтах морского генезиса преобладают сфагновые верховые торфа. Базальные слои, сложенные древесно-осоковыми и древесно-сфагновыми переходными торфами, что свидетельствует о смене мезотрофных местообитаний олиготрофными. Ландшафты озерно-ледникового происхождения отличаются преобладанием переходных древесно-осоковых торфов, слагающих от 50 до 100% их толщи. Верхние слои верхового торфа обычно менее 1,5 м. Фон уклонов создают поверхности крутизной от 0,001 до 0,01 (около 50%) с относительной степенью заболоченности до 90%. Плоские поверхности с уклонами от 0 до 0,001 практически полностью заболочены, но их доля составляет менее 25%. Уклоны крутизной свыше 0,01 формируют от 25 до 40% поверхностей с заболоченностью до 50%, а относительная доля болот составляет от 10 до 25%. Расчетная скорость горизонтального роста болот 50–75 м/тыс. лет. Данный показатель имеет значение лишь для наименее заболоченных ландшафтов, поскольку практически весь «удобный» фонд рельефа заболочен. Распределение типов болот и заболоченных лесов в данной группе ландшафтов в целом зависит от их высотного местоположения (Цинзерлинг, 1934; Елина, 1968 и др.).

**2.2. Группа холмистых и холмисто-грядовых ландшафтов ледникового и водно-ледникового генезиса.** Ландшафты этой группы сформированы гляциодепрессиями, фронтальными краевыми поясами, ледораздельными возвышенностями и радиальными грядами (Волков и др., 1995; Коломыцев, 2001). Степень расчлененности мезорельефа в них значительно различается, что обуславливает их заболоченность – от слабой до сильной. В данной группе ландшафтов выделено три типа, которые занимают 19% территории: ледниковый холмисто-грядовый сильнозаболоченный (7л), холмисто-грядовый среднезаболоченный (8л), водно-ледниковый холмисто-грядовый среднезаболоченный (8вл). Во всех ландшафтах преобладают сосновые местообитания. В водно-ледниковых ландшафтах фон уклонов создают поверхности крутизной от 0,01 до 0,1 (более 50%) с относительной степенью заболоченности до 20%. Плоские поверхности с уклонами от 0 до 0,001 заболочены на 50–100%, но их доля составляет менее 10%. Уклоны крутизной 0,001–0,01 формируют 25% поверхностей с заболоченностью до 60%. Поверхности с уклонами свыше 0,1 в этих ландшафтах занимают до 30% и практически не заболочены. Скорость горизонтального роста болот в различных местностях колеблется от 7 до 15 м/тыс. лет, что обуславливает сравнительно слабую заболоченность этих ландшафтов.

**2.3. Группа ландшафтов ледниково-аккумулятивных сложного рельефа.** Выделен один тип – среднезаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (тип 11), который представлен одним контуром.

По генезису и геоморфологическому строению он близок к ландшафтам водно-ледникового генезиса. Заболоченные леса и болота преимущественно сосновые с небольшим участием ели. Доля их составляет около 15% всех лесных земель. Открытые болота также занимают около 15% ландшафта. Скорость горизонтального роста болот менее 10 м/тыс. лет.

**2.4. Группа ландшафтов холмистых и холмисто-грядовых денудационно-тектонического генезиса, в том числе с комплексами ледниковых образований,** господствует в подзоне северной тайги и занимает около 61% ее территории (Волков и др., 1995). В нее входят ландшафты: среднезаболоченный с преобладанием еловых местообитаний (12л), сильнозаболоченные с преобладанием сосновых местообитаний (13, 13л), среднезаболоченные с преобладанием сосновых местообитаний (14, 14л). Заболоченность ландшафтов варьирует от 40 до 60% в зависимости от расчлененности рельефа. Характерной чертой структуры заболоченности является преобладание открытых болот. Лесные болота и заболоченные леса представлены приблизительно поровну – по 12% территории ландшафтов. Строение торфяных залежей отличается большой сложностью. Преобладают переходные древесно-осоковые торфа. Сфагновые и пушицево-сфагновые переходные и верховые торфа, как правило, слагают верхние горизонты до глубины 0,25–1,5 м. Плоские поверхности (0,0–0,001) занимают всего 5–12% территории ландшафтов. Поверхности с уклонами от 0,001 до 0,01 – 25–40%, причем различия здесь обусловлены участием болотных земель, тогда как на суходольные приходится всего от 5 до 10%. Фоновые значения уклонов находятся в интервале от 0,01 до 0,1, занимая от 50 до 60%, а наиболее крутые поверхности (0,1–1,0, т.е. более 6°) распространены на 10–30% их территорий. Потенциальная скорость горизонтального роста болот от 10 до 18 м/тыс. лет.

**2.5. Группа ландшафтов с грядовым (сельговым) и низкогорным рельефом денудационно-тектонического генезиса.** В ней выделено три типа ландшафтов, которые занимают 5% площади северотаежной подзоны. Сюда относятся типы ландшафтов 12г, 18 и 19. Сельговые и низкогорные ландшафты отличаются наиболее выраженными структурными формами рельефа. Доля участия уклонов от 0,0 до 0,001 в формировании поверхностей ничтожна – не более 10%. При сравнительно слабой заболоченности ее степень и характер варьируют в широких пределах и служат показателем мобильности процесса заболачивания в этих малоблагоприятных для заболачивания условиях. Темпы горизонтального роста болот крайне малы – менее 10 м/тыс. лет. Данный процесс не несет серьезных отрицательных экологических последствий, равно как не оказывает ощутимого влияния на лесохозяйственную деятельность. Напротив, благодаря заболачиванию на скалистых склонах формируется богатый гумусом почвенный слой, что способствует разнообразию местообитаний и поддержанию уровня грунтовых вод.

1563267

Таким образом, в соответствии с классификацией и картой ландшафтов Карелии (Коломыцев, 1986, 1993, 2001; Волков и др., 1990, 1995) на основе натуральных исследований в главе дана характеристика заболоченности 16 типов ландшафтов северотаежной подзоны, относящихся к пяти группам. Приведенные данные свидетельствуют о значительных различиях между типами ландшафтов по основным параметрам болотообразовательного процесса: степени и характеру заболоченности, строению торфяных залежей, топологическим особенностям распределения различных категорий земель и современным потенциальным темпам экспансии (горизонтального роста) болот. Основной чертой большинства типов северотаежных ландшафтов является то, что в категориях переувлажненных земель преобладают открытые болота над лесными заболоченными и болотными экосистемами.

### Глава III. Ландшафтно-экологическая структура и динамика заболоченности среднетаежной подзоны

**3.1. Группа равнинных ландшафтов озерного и озерно-ледникового генезиса** представлена четырьмя типами: среднезаболоченным с преобладанием еловых местообитаний (2), сильнозаболоченным с преобладанием сосновых местообитаний (3), среднезаболоченным с преобладанием сосновых местообитаний (4), слабозаболоченным с преобладанием сосновых местообитаний (5) (Волков и др., 1990; Коломыцев, 1993, 2001). Определенная ранее дистанционными методами средняя и слабая степень их заболоченности в действительности выше из-за широкого распространения заболоченных лесов, поэтому реальная заболоченность их варьирует от 50 до 80%. Во всех типах ландшафтов наиболее бедные (верховые) болота и участки заболоченных лесов расположены на водоразделах, а наиболее богатые – в подножиях склонов. Подобная схема нарушается в местах разгрузки грунтовых вод. Торфяные залежи болот имеют различное строение. Они преимущественно переходного типа, пушицево- и травяно-сфагновые древесные. Толщина верхового сфагнового торфа на олиготрофных болотах колеблется от 0,5 до 2 м. По уклонам поверхностей выделено две подгруппы – а) собственно равнинных ландшафтов с потенциальной линейной скоростью роста болот от 30 до 90 м/тыс. лет; б) подгруппа равнинных ландшафтов сложного рельефа, которые формируются в переходных зонах между равнинными и холмисто-грядовыми ландшафтами различного генезиса или в условиях регрессии крупных озер. Горизонтальный рост болот в них происходит со скоростью от 15 до 30 м/тыс. лет. Плоские равнины заболочены в среднем на 60%, из которых более половины приходится на заболоченные леса, более 1/4 – на открытые болота и менее 1/6 – на болота лесные. Равнины со сложным рельефом заболочены на 50–55%, но открытые болота здесь явно преобладают, занимая более половины их площади. Заболоченные леса и лесные болота занимают, соответственно, 13 и 9% от

общей заболоченности местностей. Выявлено значительное варьирование соотношений категорий болотных земель, что объясняется различием местностей по рельефу и структуре экосистем. Поверхности с уклонами от 0 до 0,001 заболочены от 40 до 100%. Уклоны от 0,001 до 0,01 заболочены на 30–90%, и лишь при уклонах 0,01–0,1 данный показатель снижается до 30%. Наименьшая заболоченность свойственна поверхностям с уклонами 0,1–1,0, но они распространены крайне слабо.

**3.2. Группа холмистых и холмисто-грядовых ландшафтов ледникового и водно-ледникового генезиса** представлена четырьмя типами: холмисто-грядовым среднезаболоченным с преобладанием еловых местообитаний (6), холмисто-грядовым сильнозаболоченным с преобладанием сосновых местообитаний (7), холмисто-грядовым среднезаболоченным с преобладанием сосновых местообитаний (8) и слабозаболоченным с преобладанием сосновых местообитаний (9). Ими сформированы 13 контуров, которые занимают 16,2% территории среднетаежной подзоны (Волков и др., 1990). Группа ландшафтов отличается наибольшей сложностью геоморфологических образований. Заболоченность ландшафтов варьирует от 20 до 60% в зависимости от господствующих форм рельефа – холмистых или грядовых, а также от степени и характера их расчлененности. Особенность структуры заболоченности проявляется в явном преобладании лесных болот над открытыми и заболоченными лессами. Типологическая структура болот и строение их торфяных залежей весьма разнообразны. Болота холмистых местностей мезотрофные и олиготрофные, сформировавшиеся в слабосточных и замкнутых котловинах, тогда как в грядовых местностях преобладают мезотрофные и нередко эвтрофные болота сточных и проточных котловин. Торфяные залежи здесь достигают значительной толщины – 5–7 м и более. В холмистых местностях они, как правило, переходные топяного вида строения – осоково- и шейхпериево- (пушицево-) сфагновые, в грядовых – низинные и переходные топяные травяные, осоковые или древесно-осоковые. Уклоны крутизной от 0,01 до 0,1 ( $0^{\circ}35'–5^{\circ}40'$ ) и от 0,1 до 1,0 ( $5^{\circ}40'–45^{\circ}$ ) формируют более 70% поверхностей. Склоны крутизной до 0,01 в данной группе ландшафтов занимают около 30% поверхностей и на 60% сформированы болотами. Холмистые местности наименее заболочены – до 25%, а доля заболоченных лесов менее 10%. В грядовых местностях заболоченность – до 60% при значительном участии заболоченных лесов – до 40% (от общей заболоченности). В то же время хорошо отличающиеся по физиономическим и структурным признакам местности схожи по морфометрическим показателям суходольных и слабозаболоченных поверхностей –  $tg\alpha$  около 0,09 (что соответствует  $5^{\circ}$ ). Темпы заболачивания в типах ландшафта данной группы в среднем 8–10 м/тыс. лет. В холмистой местности, отличающейся максимальным значением уклонов, они минимальны – 2,5 м/тыс. лет.

**3.3. Группа ландшафтов со сложным рельефом ледниково-аккумулятивного генезиса** представлена одним типом ландшафта среднезаболоченного с преобладанием еловых местообитаний (10) и тремя контурами, которые занимают 7,5% территории среднетаежной подзоны Карелии (Волков и др., 1990). В морфологическом отношении ландшафт близок к предыдущей группе (Волков и др., 1990; Коломыцев, 1993, 2001). Степень заболоченности грядовой местности (с расчлененным мезорельефом) около 20%. Доминируют в ней покрытые лесом площади как на заболоченных, так и на болотных почвах. Распределение поверхностей по порядкам значений уклонов фактически идентично грядовым и грядово-холмистым местностям водно-ледниковых ландшафтов. Об этом свидетельствует преобладание поверхностей с уклонами от 0,01 до 0,1 и широкое распространение категорий заболоченных земель. Скорость горизонтального роста болот около 16 м/тыс. лет.

**3.4. Группа ландшафтов холмистых и грядово-холмистых денудационно-тектонического генезиса** преобладает в среднетаежной подзоне республики, занимая около 55% ее территории. Межгрядовые понижения, нижние уровни склонов и отчаты вершины обычно перекрыты четвертичными отложениями различного происхождения, в том числе торфом. Данная группа включает в себя четыре типа ландшафта: среднезаболоченный с преобладанием еловых местообитаний (12л), сильнозаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (13) и среднезаболоченные с преобладанием сосновых местообитаний (14, 14л) (Волков и др., 1990). Степень заболоченности их в среднем 43%. Заболоченные леса сформированы в соответствии с господствующей в ландшафте лесной формацией, тогда как лесные болота преимущественно сосновые. Торфяные залежи открытых болот характеризуются преобладанием переходных осоковых и пушицево-сфагновых торфов часто с прослойкой сосново-пушицевого торфа в горизонте от 0,75 до 1,5 м. Верхний слой верхового пушицево-сфагнового торфа, как правило, до 1,5 м толщины. Торфяные залежи лесных болот или их участков переходные древесно-осоковые и древесные. Различная степень развития форм рельефа в ландшафтах обусловила варьирование средних значений уклонов поверхности от 0,024 до 0,071, что повлекло за собой различия в степени заболоченности и потенциальной скорости горизонтального роста болот. Подобного рода дифференциация обуславливает снижение заболоченности соответственно с 50 до 30%, а скорости горизонтального роста болот – с 35 до 11 м/тыс. лет.

**3.5. Группа ландшафтов с грядовым (сельговым) рельефом денудационно-тектонического генезиса.** Данная группа ландшафтов обладает наиболее расчлененным мезорельефом с ярко выраженным грядовым обликом (Волков и др., 1990). Сюда входят четыре типа ландшафта: грядовый (сельговый) слабозаболоченный с преобладанием еловых местообитаний (17), среднезаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (18), скальный среднезаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (19) и скальный слабозаболоченный с преобладанием

сосновых местообитаний (20), занимающие 11,2% территории среднетаежной подзоны. Заболоченность сельговых ландшафтов варьирует от 15 до 30% и определяется ритмом рельефа. При этом следует отметить крайне слабое распространение в них открытых болот, доля которых от площади ландшафтов составляет от 1 до 3%. Основной фон заболоченности формируют заболоченные леса и лесные болота – до 24% от площади ландшафтов. В строении торфяных залежей преобладают древесные и осоково-древесные низинные и переходные торфа, что соответствует современному господству древесных формаций на переувлажненных землях. Средние значения уклонов поверхности варьируют в пределах 0,08–0,14, что обуславливает низкую потенциальную скорость заболачивания от 10 до 2,5 м/тыс. лет. Этим объясняется и слабая степень их заболоченности, которая наполовину или 2/3 представлена заболоченными лесами. Степень заболоченности снижается по мере увеличения средних значений уклонов поверхности с 30 до 12%. Относительное постоянство фоновых значений уклонов поверхности мезорельефа компенсируется сильным варьированием поверхностей с уклонами крутизной 0,001–0,01 и 0,1–1,0. Снижение доли участия первых в формировании поверхностей с 30 до 5% и увеличение вторых с 25 до 45% обуславливают нарастание среднего значения уклонов и влияют на снижение степени заболоченности ландшафтов.

Таким образом, в главе дана характеристика заболоченности 16 типов ландшафтов среднетаежной подзоны, относящихся к пяти группам. Аналогично северотаежной подзоне здесь также выявлены значительные различия между типами ландшафтов по основным параметрам болотообразовательного процесса. Однако в большинстве типов среднетаежных ландшафтов в категориях переувлажненных земель преобладают заболоченные леса и лесные болота над открытыми болотами.

#### **Глава IV. Влияние ландшафтно-экологических условий на структуру и динамику заболоченности**

**4.1. Морфогенез и рельеф ландшафтов.** Для выяснения роли рельефа как экологического фактора формирования заболоченности Восточной Финноскандии был проведен анализ имеющихся данных в более обобщенном виде. Как было отмечено (см. рис. 1, табл.), в Карелии выделено 6 групп и 20 типов ландшафтов, характеристика которых дана в двух предыдущих главах (см. гл. II, III). В соответствии с особенностями происхождения и преобладающих форм рельефа ландшафты могут быть объединены в 4 группы: 1 – равнины озерно-ледниковые и морские; 2 – холмисто-грядовые водно-ледниковые; 3 – холмисто-грядовые денудационно-тектонические со слабо расчлененным рельефом; 4 – холмисто-грядовые денудационно-тектонические с сильно расчлененным рельефом. Первая и вторая группы ландшафтов характеризуются развитием скульптурного рельефа, формы которого обязаны своим происхождением

осадкам четвертичного возраста, третья и четвертая – развитием структурного рельефа, определяемого современной поверхностью фундамента Балтийского кристаллического щита. Распределение категорий земель по уклонам поверхностей имеет единый характер в моногенетических группах ландшафтов северной и средней тайги. Это свидетельствует об объективности данных показателей в оценке структурных особенностей заболоченности таежных территорий на ландшафтном уровне организации экосистем и экологической роли рельефа в ее формировании.

**4.2. Топологические и зональные особенности заболачивания ландшафтов (потенциальная энергия заболачивания).** Основным критерием оценки потенциальной энергии заболачивания территории служит среднее взвешенное значение уклонов поверхности ( $i = \text{tg} \alpha$ ), при котором этот процесс может активно развиваться (Коломыцев, 2001, 2004). В результате исследований впервые выявлена зависимость крутизны склонов заболоченных и болотных поверхностей от фоновых значений для незаболоченных территорий, а также подзональные различия показателя потенциальной энергии заболачивания. Если проанализировать эти данные с точки зрения ландшафтной неоднородности региона, различие между подзонами четко проявляется лишь в ландшафтах денудационно-тектонического генезиса, тогда как в двух других группах ландшафтов потенциальная энергия заболачивания различается незначительно (рис. 2).

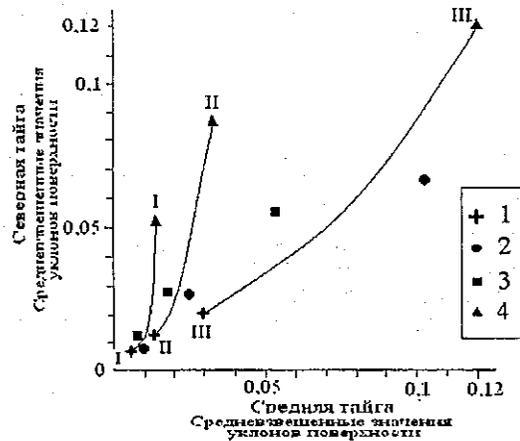


Рис. 2. Распределение средних взвешенных значений уклонов поверхностей категорий земель в морфогенетических группах ландшафтов по подзонам тайги Карелии:

категории земель: I-I – болотные; II-II – заболоченные лесные; III-III – минеральные (незаболоченные) лесные. Морфогенетические группы ландшафтов: 1 – равнины озерно-ледниковые и морские; 2 – холмисто-грядовые водно-ледниковые; 3 – холмисто-грядовые денудационно-тектонические со слабо расчлененным рельефом; 4 – грядовые (сельговые) и низкорные денудационно-тектонические с сильно расчлененным рельефом

По потенциальной энергии заболачивания денудационно-тектонические ландшафты северотаежной подзоны превосходят среднетаежные в 1,5–2 раза в ландшафтах со слабо расчлененным рельефом и в 3–3,5 раза в ландшафтах с сильно расчлененным рельефом. Однако соотношение этих показателей между минеральными и заболоченными землями, с одной стороны, и между заболоченными и болотными землями – с другой, в пределах подзон различается довольно существенно (рис. 3).

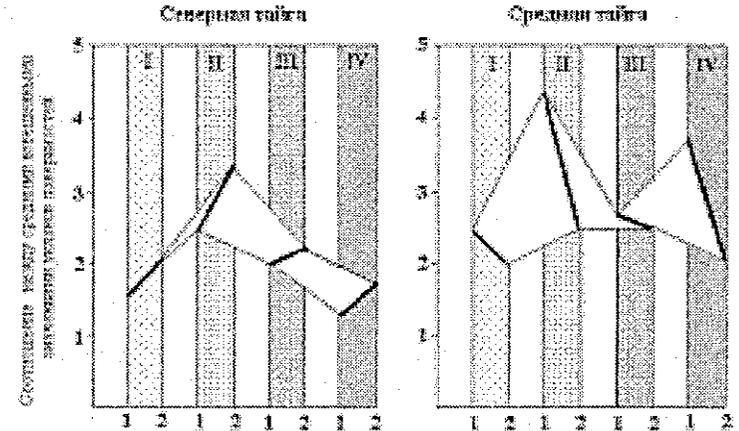


Рис. 3. Соотношение между показателями средних взвешенных значений уклонов поверхностей категорий земель в северотаежной (слева) и среднетаежной (справа) подзонах Карелии.

Морфогенетические группы ландшафтов: то же, что на рис. 2. Соотношение показателей уклонов поверхностей между категориями земель (по оси ординат): 1 – минеральные/заболоченные, 2 – заболоченные/болотные

В северотаежной подзоне различие соотношений склоновых показателей во всех группах ландшафтов положительное, а в среднетаежной подзоне – отрицательное, но в среднетаежной подзоне они выше, чем в северотаежной, приблизительно в 1,3 раза. Общим для подзон являются сравнительно слабые различия в показателях соотношений между категориями земель в равнинных ландшафтах и денудационно-тектонических ландшафтах со слабо расчлененным рельефом, но, как уже отмечалось, с различной тенденцией связи между ними. Гораздо большие различия данных показателей между подзонами характерны для ландшафтов с расчлененным рельефом. С экологической точки зрения смысл данных показателей заключается в выявлении влияния топологических и зональных особенностей болотообразовательного процесса с учетом незаболоченных территорий и меры воздействия последних на возможности его потенциального развития. Полученные данные можно интерпретировать

следующим образом: чем выше значение соотношения между категориями земель, тем ниже потенциальная энергия заболачивания; положительная их связь в морфогенетических группах ландшафтов характеризует усиление потенциальной энергии заболачивания, а отрицательная – ее ослабление.

Таким образом, значение, выраженное через уклон поверхности заболоченных и болотных экосистем, является физической величиной, отражающей возможность развития данного процесса в подзонах тайги и индивидуальные черты различных морфогенетических групп ландшафтов. Можно предположить, что в северотаежной подзоне заболачивание продолжает прогрессировать, тогда как в среднетаежной отмечена тенденция к его стабилизации или усилению лесообразовательного процесса. Если абстрагироваться от степени заболоченности территории, то значение потенциальной энергии заболачивания приобретает системоформирующий характер. Данный параметр следует учитывать при планировании объемов работ по профилактической гидролесомелиорации.

**4.3. Гидрографическая сеть и заболоченность ландшафтов.** Изучение влияния гидрографической сети на заболоченность ландшафтов позволило выявить ряд особенностей собственно гидрографической сети, которые ранее не были отмечены для Восточной Фенноскандии. В частности, то, что в различных типах ландшафтов между густотой речной сети и протяженностью береговой линии озер на единицу площади существует обратно пропорциональная зависимость. Принято считать, что густота речной сети служит важнейшим показателем дренированности территории. Однако в действительности выявлена тенденция к прямо пропорциональной зависимости между этими показателями в северотаежной подзоне и отсутствие зависимости в среднетаежной. Зависимость заболоченности ландшафтов от плотности береговой линии озер совершенно определенная – обратно пропорциональная в обеих подзонах. Насколько слабо влияние открытой гидрографической сети на степень заболоченности ландшафтов региона, доказывает и тот факт, что заболоченность водораздельных и водосборных пространств в большинстве типов ландшафтов различается всего на 1–3%, притом что густота элементов гидрографической сети на водосборных пространствах в 20–30 раз выше, чем на водораздельных (Коломыцев, 2001).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что гидрографическая сеть на уровне типов ландшафтов в Восточной Фенноскандии не оказывает непосредственного влияния на их заболоченность и служит лишь отражением морфогенетических особенностей их рельефа.

**4.4. Современные изменения климата и динамика растительности болот (на примере среднетаежной подзоны Карелии).** Взаимоотношение лесо- и болотообразовательного процессов в та-

ежной зоне является определяющим в формировании ее экоструктурных особенностей. Массовое одновременное появление древостоев на болотах различных типов в различных ландшафтах свидетельствует о затухании болотообразовательного процесса, а их усыхание особенно на окрайках – о его активизации. Средние годовые температуры с 70-х годов XIX в. до 40-х годов XX в. в среднетаежной подзоне Карелии испытывали практически непрерывный подъем с  $+2,1^{\circ}\text{C}$  до  $+3,5^{\circ}\text{C}$ . В дальнейшем, с 40-х до середины 80-х годов XX в., средняя годовая температура снижалась до  $+2,2^{\circ}\text{C}$  за счет зимних (декабрь-февраль) и летних (июль-август) температур, но с марта по май температура имела незначительный рост. Сглаженные тренды температур с февраля по май демонстрируют рост температуры на  $0,2\text{--}1,8^{\circ}\text{C}$ . Температура в июне соответствует среднему многолетнему значению, а с июля по октябрь снизилась на  $0,1\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$ . Это свидетельствует о тенденции более раннего наступления вегетационного периода после 40-х годов XX в. Данные по месячным суммам атмосферных осадков выявили тенденцию их снижения к 30-м годам XX в. С 40-х годов их количество существенно возрастает и достигает своего максимума в 50–60-е годы. Лишь количество осадков, выпавших в мае и июне, имело тенденцию к снижению до настоящего времени после своего максимума, наблюдавшегося в 20-е годы. Тренд индекса увлажнения показывает снижение его значения с 1,7 до 1,3 к 30-м годам XX в. и затем рост в течение двух десятилетий до 1,7 с последующим снижением к 90-м годам до 1,5. Увеличение индекса увлажнения на фоне роста средней годовой температуры обусловлено ростом количества осадков на протяжении 9 месяцев, включая большую часть вегетационного периода. Но рост температур первой половины года при одновременном снижении количества осадков в мае и июне позволяет предположить, что индекс увлажнения в начале вегетационного периода имеет определенную тенденцию к снижению.

Сочетание двух разнонаправленных климатических процессов – роста температур в вегетационный период при одновременном снижении количества осадков и индекса увлажнения – привело к тому, что на болотах возникли вторичные древостои (рис. 4). Последующее снижение температур и увеличение количества осадков, тем не менее, не привели к их гибели, по нашему мнению, благодаря сохранению тенденции роста температур и снижения количества осадков в мае и июне, что обеспечивало более благоприятные условия для развития древесной растительности на болотах в начале вегетационного периода.



Рис. 4. Аэрофотоснимки 1948 (слева) и 1980 г. (справа) болотного массива ландшафта равнинного озерно-ледникового сильнозаболоченного с преобладанием сосновых местообитаний (дренажная сеть проложена за несколько лет до аэрофотосъемки 1980 г.)

Таким образом, экологическая роль флуктуаций климата в тайге заключается в смещении фаз (усилении или ослаблении) лесо- или болотообразовательных процессов. Полученные данные можно использовать в качестве аналогов, например, при интерпретации климатических показателей голоцена по спорово-пыльцевым диаграммам и растительным остаткам торфяных отложений, разумеется с учетом особенностей этапов эндодинамики болот, а также при моделировании сценариев динамики структуры экосистем таежных ландшафтов. Сравнительно благоприятные климатические условия, наступающие периодически (Елина и др., 1984, 2000), вероятно, способны лишь затормозить, но не остановить естественный процесс заболачивания в подзоне средней тайги Восточной Фенноскандии.

#### Глава V. Влияние болотообразовательного процесса на структуру, динамику и разнообразие таежных экосистем

##### 5.1. Сукцессии растительности и изменение почвенного профиля в процессе заболачивания лесов за счет разрастания болот в стороны можно рассматривать в качестве «механического» процесса, происходящего по мере заполнения депрессий торфом. Подобный подход используется нами для моделирования динамики заболачивания ландшафтов, но не отражает качественные процессы, происходящие в экологических системах под его влиянием. На границе леса и болота формируется «окрайка» с мелкозалежными участками. Установлено, что болотные окрайки являются продуктом сложных биогеоценологических процессов. В их формировании существенную роль играет «предболотная фаза» почвообразования, сопровождаемая сукцессиями растительного покрова под воздействием горизонтального и вертикального роста торфяной залежи (Караваева, 1982; Пологова, 1986). Для них характерна, по определению В.О. Таргульяна, «стирающая эволюция почв» (1985). Вопросы трансформации почв в результате заболачивания давно и обстоятельно рассмотрены в работах многих исследователей (Минкина, 1955; Караваева, 1982; Нечаева, 1985; Пологова, 1986 и др.). Тем не менее в связи с уникальностью ландшафтов Восточной Фенноскандии исследование почвенных процессов в результате заболачивания проводилось нами на четырех профилях в различных типах ландшафтов денудационно-тектонического генезиса (Никифоров и др., 1982; Коломьцев, 1993, 2001). Известно, что при среднем уровне почвенно-грунтовых вод в течение вегетационного периода 40–50 см создаются условия для переувлажнения корнеобитаемого слоя почвы. В результате происходит дифференциация напочвенного растительного покрова по элементам нанорельефа и его органических форм. Понижения занимают гигрофиты – сфагновые мхи и осоки. На повышениях селятся мезофиты – остатки лесного напочвенного покрова. Ухудшение почвенно-экологических условий связано, прежде всего, с увеличением кислотности и переходом элементов минерального питания в недоступную для растений форму. По мере нарастания гидроморфности

меняется и почвенный профиль: в условиях денудационно-тектонических ландшафтов с покровом из легкой морены подзол железисто-гумусовый трансформируется в подзол иллювиально-гумусовый оглеенный и торфянистый подзол оглеенный, затем в торфяно-глеевый и, далее, в торфяные переходные и верховые почвы. Таким образом, изменение гидрологического режима почв – одного из ведущих экологических факторов – отражается в структуре экосистем тайги и служит основным естественным процессом их динамики.

**5.2. Влияние болотообразовательного процесса на фрагментацию лесного покрова** является весьма актуальным вопросом в связи с устойчивостью лесных таежных экосистем. Лесной покров тайги всегда был фрагментирован естественным образом. Понятия «тип местообитания», «биогеоценоз», «экосистема» и т.п. подразумевают ограниченный в пространстве фрагмент с соответствующими свойствами. Большую роль в фрагментации лесного покрова тайги, наряду с реками и озерами, играют открытые болота. Процесс заболачивания лесов, как уже отмечалось, сопровождается коренным изменением почвенного покрова и растительности. Таким образом, чтобы понять роль и значение подобного рода фрагментации, ее следует рассматривать на двух уровнях, или ярусах: почвенном и древесном. Исследования фрагментации почвенного покрова по категориям земель показали, что ее степень широко варьирует в пределах моногенетической группы ландшафтов, но в целом зависит от расчлененности рельефа (рис. 5).



Рис. 5. Среднее количество фрагментов переувлажненных категорий земель на 10 км протяженности профиля по морфогенетическим группам ландшафтов Карелии:

1 – равнины озерно-ледниковые и морские, 2 – холмисто-грядовые и холмистые водно-ледниковые, 3 – холмисто-грядовые и грядовые денудационно-тектонические слабо расчлененные, 4 – холмисто-грядовые и грядовые денудационно-тектонические сильно расчлененные

Чем более плоский рельеф ландшафтов, тем протяженнее максимальные значения фрагментов заболоченных и болотных земель по сравнению с незаболоченными лесными, а протяженность лесных земель максимальна в ландшафтах с сильно расчлененным рельефом. Естественно, что лесной покров фрагментирован гораздо слабее по сравнению с почвенным. На основе прове-

денных исследований можно заключить, что относительная устойчивость лесного таежного покрова в результате процесса заболачивания обеспечивается саморегулирующей лесных экосистем в соответствующих зонально-климатических условиях. Одними из важнейших естественных элементов саморегуляции являются почвенный покров и буферные зоны, в данном случае – лесо-болотные, а также флуктуации климата, определяющие нелинейную динамику лесо- и болотообразовательного процессов.

**5.3. Зональные и ландшафтные особенности структуры коренных переувлажненных сосновых и еловых лесов.** Одной из важнейших характеристик пространственной структуры лесных переувлажненных местообитаний выступает их размерность, свидетельствующая о мозаичности экосистем (Волков и др., 1990, 1995; Громцев, 2000). Выполненные нами расчеты средних значений ширины контура переувлажненных лесных местообитаний не выявили четко определенных тенденций в зависимости от градиента уклона поверхности и расчлененности рельефа ландшафтов в обеих подзонах. В северотаежной подзоне отмечено наибольшее среднее значение ширины контура (до 110 м) в равнинных ландшафтах озерного и морского генезиса, а в среднетаежной – для «равнин» денудационно-тектонических (до 85 м). В целом можно отметить, что данный показатель для заболоченных лесов варьирует довольно слабо. Таким образом, пространственные показатели структурной организации переувлажненных лесных местообитаний таежных ландшафтов Карелии (на уровне типа леса) свидетельствуют о ее значительной дробности и относительной однородности.

Пространственно-типологическая структура переувлажненных лесных местообитаний. Заболоченные и болотные сосняки и ельники северотаежной подзоны. Полученные данные свидетельствуют о том, что в северотаежной подзоне преобладают сосняки кустарничково- и багульниково-сфагновые. Причем в сумме их доля в структуре лесного покрова переувлажненных лесов даже в ландшафтах с господством еловых местообитаний может достигать 45% (тип ландшафта 1м). Различные типы заболоченных и болотных ельников диагностируют значительное участие этой древесной формации в организации ландшафтов с преобладанием еловых лесов. В северотаежной подзоне заболоченные ельники распространены в меньшей степени, чем сосняки, пропорционально степени заболоченности ландшафтов. И лишь в низкогорном ландшафте (тип 12г) господствуют в заболоченных местообитаниях. Ельник черничный влажный играет ведущую или заметную роль во всех типах ландшафтов с равнинным или слабо расчлененным рельефом. Ельник травяно-сфагновый и логовый характерны для большинства ландшафтов с преобладанием сосновых лесов, что свидетельствует о важной роли этих местообитаний для распространения в них ели. Но в целом заболоченные ельники сильно уступают соснякам.

Заболоченные и болотные сосняки и ельники среднетаежной подзоны. В среднетаежной подзоне имеются иные тенденции в доле участия сосновых и

еловых древесных формаций в переувлажненных местообитаниях по типам леса и ландшафтов. Даже в сильно- и среднезаболоченных ландшафтах с преобладанием еловых местообитаний доля заболоченных сосняков от покрытой лесом площади редко превышает 10%. В сосновых ландшафтах данный показатель зависит не столько от их генезиса, сколько от степени заболоченности. В слабозаболоченных ландшафтах он довольно стабилен – около 10%, тогда как в сильно- и среднезаболоченных варьирует от 26 до 40%. В типологическом отношении сосняк кустарничково-сфагновый распространен наиболее широко в обеих подзонах, тогда как сосняки чернично- и осоково-сфагновый в большей степени характерны для среднетаежной подзоны, а сосняк багульниково-сфагновый – для северотаежной. Заболоченные ельники в среднетаежной подзоне играют гораздо большую роль в структуре ландшафтов, чем в северотаежной. Особенно четко это проявляется в ландшафтах с преобладанием еловых местообитаний, где ельники господствуют не только на суходолах, но и на заболоченных участках, за исключением холмисто-грядового водно-ледникового ландшафта (тип 8), в котором ельники не отмечены ни в той, ни в другой подзоне.

Влияние заболоченности на распространение древесных формаций в ландшафтах. Важной проблемой является выяснение роли заболоченности как экологического фактора в отношении распространения «противоположной» древесной формации в ландшафтах с господством сосновых или еловых местообитаний по подзонам тайги. Проведенный анализ имеющихся данных позволил отметить, что в северотаежной подзоне в пределах равнинных ландшафтов морского, озерно-ледникового и слабо расчлененных денудационно-тектонического генезиса (типы 1м, 3м, 3, 4, 14) вклад заболоченных местообитаний в проникновение другой древесной формации гораздо выше, чем местообитаний суходольных.

Что касается ландшафтов с расчлененным рельефом, то суходольные местообитания вносят больший вклад в присутствие другой древесной формации за счет большего разнообразия экологических условий. В среднетаежной подзоне в большинстве типов ландшафтов с преобладанием еловых местообитаний заболоченные сосняки сильно уступают в своем распространении суходольным. В ландшафтах с преобладанием сосновых местообитаний доля участия заболоченных ельников меньше, чем ельников суходольных, т.е. заболоченность ландшафтов играет менее заметную роль в распространении «противоположной» коренной древесной формации, чем суходольные местообитания. Лишь в четырех типах сосновых ландшафтов водно-ледникового и денудационно-тектонического генезиса со слабо расчлененным рельефом (типы 7, 9, 13, 14) распространение заболоченных ельников существенно выше, чем суходольных, что можно объяснить слабым варьированием экологических условий на положительных формах рельефа. Сравнение средних классов бонитета сосновых и еловых древостоев переувлажненных местообитаний IV-V классов возраста (т.е. коренных лесов) между северной и средней тайгой Вос-

точной Фенноскандии выявило различие между ними. Средний класс бонитета заболоченных и болотных сосновых древостоев в северотаежной подзоне на полтора класса ниже, чем в среднетаежной, за счет более широкого распространения на севере мезо-олиготрофных сосняков – пушицево- (пухоносово-) и кустарничково-сфагновых и более низких активных температур, различия которых между подзонами достигает почти 20% (Хейкурайнен, 1983). Что касается заболоченных и болотных ельников, то средний класс бонитета в северотаежной подзоне по сравнению со среднетаежной у них ниже только на четверть класса. Это можно объяснить тем, что экологические (прежде всего эдафические) условия обитания заболоченных и болотных ельников более стабильны и соответствуют мезотрофному типу водно-минерального питания в обеих подзонах (Пьявченко, 1963; Пятацкий, Медведева, 1967; Медведева и др., 1980). Характерно, что в пределах подзон наблюдается «инверсия» среднего класса бонитета по породам. Если в северотаежной подзоне он у ельников выше, чем у сосняков, на четверть класса, то в среднетаежной подзоне, наоборот, ниже на эту величину.

Таким образом, в северотаежной подзоне в типах ландшафтов с преобладанием еловых местообитаний ельники заболоченные и болотные распространены в меньшей степени; доля их примерно равна доле участия переувлажненных сосняков, тогда как в среднетаежной подзоне ельники в этих типах ландшафтов господствуют не только на суходолах, но и на заболоченных лесных территориях. Заболоченность выступает важным фактором сохранения или внедрения (распространения) еловой и сосновой формаций в ландшафтах, соответственно, с преобладанием сосняков и ельников. Экологические, прежде всего климатические, условия заболоченных местообитаний в среднетаежной подзоне более благоприятны для роста и развития сосны, чем в северотаежной, тогда как консерватизм экологических условий заболоченных еловых местообитаний нивелирует существенные климатические различия между северной и средней тайгой Восточной Фенноскандии.

**5.4. Разнообразие болотных и заболоченных лесных местообитаний.** Заболоченность служит важным фактором разнообразия местообитаний за счет формирования широкого спектра комбинаций экологических условий на переувлажненных почвах: лесных заболоченных и болотных по группам типов леса, открытых болот по типам их водно-минерального питания. Это позволило дифференцированно оценить как их распространение для каждого исследованного типа ландшафта по подзонам тайги, так и «ресурсы» их биологического разнообразия. Выявлено, что спектр групп типов заболоченных лесов и лесных болот в среднетаежной подзоне гораздо шире, чем на севере Карелии. В то же время в любом из исследованных типов ландшафта сравнительно богатые в отношении разнообразия растительности заболоченные или болотные местообитания распространены, как правило, не более чем на 10% их территории.

**5.5. Зонально-климатические и ландшафтные аспекты распространения и использования заболоченных лесов.** Заболоченные (точнее, заболачивающиеся) леса в таежной зоне являются важным ее компонентом. Торфяная залежь в них до 0,3 м, т.е. до глубины, с которой корни деревьев еще способны получать питательные вещества из минеральной части почвы. Заболоченные леса представляют большой теоретический интерес и практическую значимость в силу их широкого распространения, типологического разнообразия и необходимости особых режимов их эксплуатации. Кроме того, они объективно служат основным гидролесомелиоративным фондом (Коломыцев, 1999). Полученный нами эмпирический материал позволил затронуть лишь наиболее общие моменты особенностей распространения заболоченных лесов на уровне трех морфогенетических групп ландшафтов в более генерализованном виде с учетом подзональных особенностей: 1) озерно-ледниковые и морские равнинные, 2) ледниковые и водно-ледниковые холмистые и грядово-холмистые и 3) денудационно-тектонические холмисто-грядовые и грядовые (сельговые и скальные).

**Группа равнинных ландшафтов озерно-ледникового и морского генезиса** включает типы ландшафтов: 1, 1м, 2, 3, 3м, 4, 5. Степень заболоченности варьирует в пределах 40–90%. Для них характерно преобладание заболоченных лесов над болотами. Различия между подзонами проявляются в значительно меньшем распространении заболоченных лесов в северотаежной подзоне, тогда как в средней тайге их преобладание над категорией болотных земель служит наиболее существенным элементом их структурной организации. Данная особенность не объяснима с геоморфологических позиций. Основной причиной служит различие климата, большая суровость которого на севере способствует развитию моховых формаций за счет снижения конкурентной способности древесной растительности в условиях избыточного увлажнения и быстрому прохождению сукцессионных фаз в процессе заболачивания. Широкое распространение заболоченных лесов в равнинных ландшафтах и высокая степень их заболоченности, свидетельствующие об активном болотообразовательном процессе, предполагают особый (щадящий) режим эксплуатации лесов.

**Группа ландшафтов холмистых и грядово-холмистых водно-ледникового генезиса** (типы ландшафтов: 6л, 7, 8л, 8вл, 9, 10, 11) отличается от предыдущей хорошо выраженными формами рельефа. Особенностью этих ландшафтов служит явное преобладание категории болотных (в том числе лесных) земель над заболоченными. Тем не менее подзональные особенности распределения заболоченных земель в водно-ледниковых ландшафтах проявляются однозначно: среднее взвешенное значение доли заболоченных земель по типам ландшафтов свидетельствует о большем распространении заболоченных лесов в среднетаежной подзоне. Сравнительно слабая степень заболоченности ландшафтов вод-

но-ледникового генезиса при незначительном участии заболоченных лесов в структуре заболоченности ландшафтов практически не требует применения гидролесомелиоративных мероприятий. При проведении рубок главного пользования учет фактора болотообразования имеет локальное значение.

**Группа холмисто-грядовых и грядовых ландшафтов денудационно-тектонического генезиса** (типы ландшафтов: 12, 13, 13л, 14, 14л, 15, 16, 17, 18, 19, 20) для территории Карелии является наиболее распространенной, поскольку занимает более 50% территории в обеих подзонах. Степень заболоченности ландшафтов варьирует от 15 до 60%. Несмотря на морфологические различия внутри этой группы ландшафтов и генетические – с озерно-ледниковыми равнинами, в них явно прослеживается сходство в подзональных особенностях по степени заболоченности и доле участия заболоченных земель. В северотаежной подзоне степень заболоченности также в целом выше, чем в среднетаежной, тогда как заболоченные леса имеют меньшее распространение. Типологическое разнообразие денудационно-тектонических ландшафтов, отличия в степени и характере заболоченности обуславливают дифференцированный подход к эксплуатации лесов и лесохозяйственным мероприятиям. В фоновых типах ландшафтов – 12л, 13, 13л, 14, 14л, где степень заболоченности от 35 до 60% и доля заболоченных земель около 40%, гидролесомелиорация является одним из наиболее приоритетных лесохозяйственных мероприятий для предотвращения дальнейшей экспансии болот на лесные территории. В остальных типах ландшафтов (в том числе уникальных), занимающих небольшие площади, вмешательство человека в регулирование лесо- и болотообразовательного процесса не требуется.

## **Глава VI. Теоретическое и практическое значение ландшафтно-экологических исследований**

### **современной структуры и динамики заболоченности тайги**

**6.1. Эмпирические модели заболоченности и процесса заболачивания.** В качестве теоретической основы, отражающей статические и динамические аспекты болотообразовательного процесса, оптимизации лесосошения и охраны болот построены эмпирические модели характера заболоченности и темпов заболачивания ландшафтов. Одна из них демонстрирует тенденцию снижения доли участия категорий переувлажненных земель по мере повышения значений уклонов поверхности (рис. 6). Выявленные различия заключаются в распространении категорий земель по значениям уклонов поверхности и варьируют в пределах 10–30%. В частности, для подгрупп ландшафтов озерно-ледниковых равнин характерна максимальная степень заболоченности уклонов от 0,0 до 0,001 за счет распространения болотных земель. По мере нарастания крутизны склонов степень их заболоченности снижается, но доля участия заболоченных лесов относительно болот при этом увеличивается. В

подгруппе плоских озерно-ледниковых равнин степень заболоченности уклонов от 0,01 до 0,1 достигает 40%. Группа водно-ледниковых ландшафтов обладает устойчивым морфометрическим признаком – потенциальной скоростью горизонтального роста болот до 10 м/тыс. лет. Здесь среди переувлажненных экосистем преобладают болотные земли (в основном лесные). В этих ландшафтах крайне слабая степень заболоченности уклонов от 0,01 до 0,1 и выше. Сравнительно высокая степень заболоченности (до 40–60%) свойственна также ландшафтам холмистым и холмисто-грядовым денудационно-тектонического генезиса со слабо расчлененным мезорельефом и степенью заболоченности фоновых уклонов 0,01–0,1 (50–60% поверхностей) до 30%. В подгруппе сильно расчлененных денудационно-тектонических ландшафтов заболоченность редко превышает 30%, более половины которой представлено заболоченными лесами.

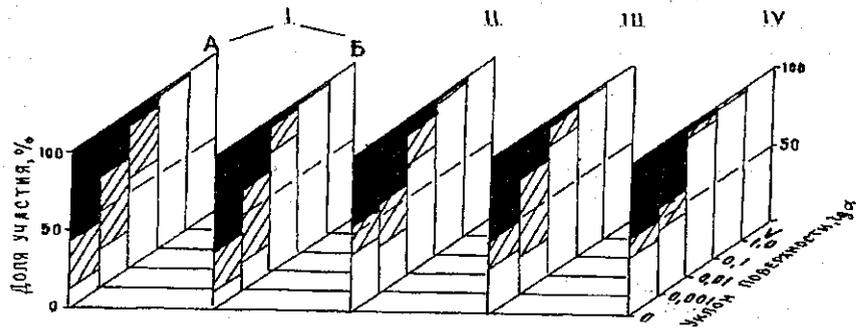


Рис. 6. Распределение категорий земель в порядках значений уклонов поверхности, каждый из которых принят за 100% по морфогенетическим группам и морфологическим подгруппам ландшафтов Восточной Финноскандии.

Группы ландшафтов: I – равнин озерно-ледникового генезиса (подгруппы: А – с плоским рельефом, Б – со сложным слаборасчлененным рельефом); II – холмистых и холмисто-грядовых денудационно-тектонического генезиса со слабой и средней степенью расчлененности рельефа; III – холмистых и грядовых денудационно-тектонического генезиса с глубоко расчлененным рельефом; IV – холмистых и холмисто-грядовых водно-ледникового генезиса со средней и сильной степенью расчлененности рельефа

Определение скорости горизонтального роста болот – основного современного фактора, обуславливающего направленность динамики взаимоотношения содоминантных таежных экосистем (лесных и болотных) – является одним из ключевых моментов в исследовании болотообразовательного процесса в ландшафтах (рис. 7). В модели учтены колебания вертикальной скорости торфонакопления, присущие различным зонам голоцена (Елина, 1981).

В соответствии с расчетами по предложенной формуле (1) (см. гл. 1.3) максимальные темпы роста площади идеального болота (круглой формы) свойственны ландшафтам плоских озерно-ледниковых и слабо расчлененных денудационно-тектонических равнин, минимальные – денудационно-тектоническим грядовым (сельговым) и водно-ледниковым холмисто-грядовым ландшафтам, что соответствует в целом современному состоянию болотообразовательного процесса в них. В условиях Восточной Финноскандии, особенно в северотаежной подзоне, болотные экосистемы развиваются более успешно в сравнении с лесными, постепенно сокращая площади последних. Однако изучение заболачивания в ландшафтах позволило внести в эти представления некоторые коррективы, в частности, для территории среднетаежной подзоны.

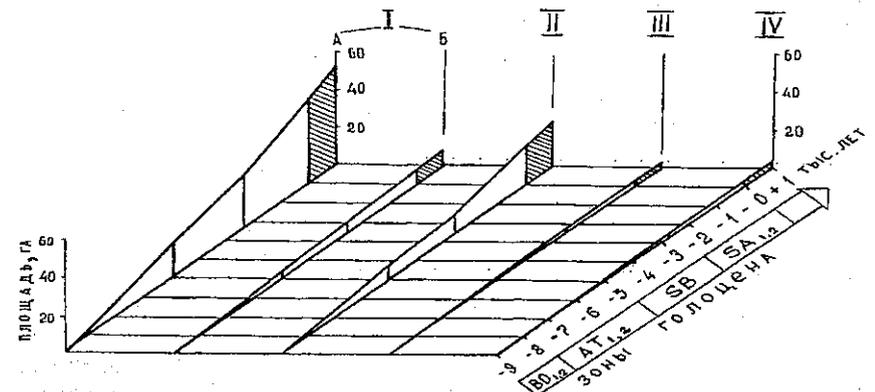


Рис. 7. Модель роста простого болотного массива круглой формы в условиях различных морфогенетических групп и подгрупп ландшафтов Восточной Финноскандии в послеледниковье и в перспективе через 1000 лет. Периоды и фазы голоцена (по: Елина, 1981):

ВО<sub>1,2</sub> – нижний и верхний борсальский, АТ<sub>1,2</sub> – нижний и верхний атлантический, SB – суббореальный, SA<sub>1,2</sub> – нижний и верхний субатлантический. Группы ландшафтов: I – равнины озерно-ледниковые, А – плоские, Б – сложного рельефа; II – холмисто-грядовые денудационно-тектонические слабо расчлененные; III – холмисто-грядовые денудационно-тектонические сильно расчлененные; IV – холмисто-грядовые водно-ледниковые

Кроме флуктуаций климата, способствующих укреплению позиций древесных или травяно-моховых (болотных) формаций, исключительно большое влияние на эндодинамику болот оказывает морфогенез ландшафтов, который обуславливает местоположение, форму и размеры болотных котловин. Исследованиями установлены разнонаправленные тенденции в развитии болот. В пределах равнинных ландшафтов озерно-ледникового и денудационно-тектонического генезиса эндодинамика

болот имеет классический вид, т.е. олиготрофные болота уже сформировались или происходит активный процесс их олиготрофизации на водораздельных пространствах. На средних уровнях и пологих склонах или на террасах болота находятся на мезотрофной стадии, а на нижних уровнях рельефа вдоль ручьев и рек расположены мезотрофные и эвтрофные болота, как правило, с древесным ярусом.

В холмистых местностях водно-ледниковых ландшафтов и на склонах гряд (сельг) сильно расчлененных денудационно-тектонических ландшафтов современная эндодинамика болот сопровождается усилением лесообразовательного процесса и направлена на естественное (формальное) разболочивание. Формальное постольку, поскольку торфяная залежь со всеми свойствами, ей присущими, сохраняется и создает условия для рецидива заболачивания при благоприятных для этого изменениях климата или гидрологического режима территории. Основными предпосылками для подобного рода разболочивания служат малые площади болотных массивов и наличие поверхностного стока с них. Серьезного практического значения этот процесс не имеет из-за незначительности масштабов. С теоретической точки зрения представляется, что изучение этого явления может способствовать выработке методических подходов к определению параметров лесоосушительной сети и способов ее создания. Кроме того, как уже отмечалось, наличие болот на склонах и в депрессиях расчлененных ландшафтов благоприятно сказывается на регулировании их водного режима.

**6.2. Прогноз изменения заболоченности и речного стока под воздействием естественного процесса заболачивания и гидролесомелиорации.** Модель процесса заболачивания, отражающая горизонтальный рост болот, имеет значение для прогнозирования его масштабов и для определения изменения болотного фонда на перспективу. В качестве примера такие расчеты были выполнены для карельской части бассейна Онежского озера. Количественное прогнозирование заболачивания на длительную перспективу является сложной задачей, поскольку опирается лишь на тенденцию процесса, ряд современных и ретроспективных констант и средние значения уклонов поверхности, на основании которых производятся расчеты подобного рода (Коломыцев, 1993, 2001). Расчеты заболоченности на перспективу в бассейне Онежского озера производились на основе морфометрических характеристик только болот ввиду отсутствия картографических данных по заболоченным лесам (см. гл. 1.3, формулы 1–7). Прогноз изменения степени заболоченности на тысячелетнюю перспективу выполнен в двух вариантах. Первый из них включает определение естественного заболачивания без мелиорации и второй вариант – с учетом уже проведенного и планируемого лесоосушения. Бассейн Онежского озера в Карелии занимает 3,1 млн. га (без акваторий крупных водоемов), или около 20% территории республики. Озерные и озерно-ледниковые равнины распро-

странены на 25% бассейна и включают две морфологические подгруппы: плоских равнин и равнин сложного рельефа. Значительная разница в морфометрических характеристиках болот и мезорельефа между подгруппами обусловила разницу в скорости заболачивания. Через 1 тыс. лет общая заболоченность ландшафтов подгруппы плоских равнин возрастет на 8,6 тыс. га (1,7%). В пересчете на 1 тыс. га поверхности ежегодно необратимо заболачивается около 170 м<sup>2</sup> лесов. В подгруппе равнин сложного рельефа заболоченность за тот же период возрастет на 1,9 тыс. га (0,68%), или по 68 м<sup>2</sup> на 1 тыс. га/год. Принимая во внимание то, что в этой группе ландшафтов на заболоченные леса приходится около 70% всех переувлажненных земель, а скорость торфонакопления в них приблизительно вдвое ниже, чем на болотах, полученные значения темпов заболачивания следует, по крайней мере, удвоить. Следовательно, на четвертой части площади бассейна Онежского озера заболачиванием ежегодно охватываются около 20 га лесов. Типы ландшафтов денудационно-тектонического генезиса распространены на 60% площади бассейна. Причем 50% его территории представлено ландшафтами со слабо расчлененным (равнинным) мезорельефом. Они занимают периферию карельской части бассейна. Сильно расчлененные денудационно-тектонические ландшафты (сельговые) сосредоточены преимущественно на Заонежском полуострове. Заболоченность слабо расчлененных денудационно-тектонических ландшафтов за 1 тыс. лет возрастает в результате горизонтального роста болот на 1,4 тыс. га (0,9%) – по 90 м<sup>2</sup>/год на 1 тыс. га, а в подгруппе сильно расчлененных ландшафтов – только на 0,9 тыс. га (0,27%), или по 27 м<sup>2</sup>/год на 1 тыс. га. С учетом заболоченных земель, которые также имеют тенденцию к распространению, особенно в подгруппе слабо расчлененных ландшафтов, полученные значения следует увеличить на 20–30%. Таким образом, в денудационно-тектонических ландшафтах ежегодно заболачивается около 20 га. Группа водно-ледниковых холмисто-грядовых ландшафтов занимает 15% площади бассейна. Общая заболоченность ее в бассейне Онежского озера аномально высока (38,5%), что обусловлено, как уже отмечалось, сложностью их рельефа. Через 1 тыс. лет на территории этих ландшафтов площадь болотных массивов возрастет на 2,3 тыс. га (0,5%). Ежегодно на каждой 1 тыс. га заболачивается около 50 м<sup>2</sup>. Заболоченными землями в расчетах здесь можно пренебречь. Они имеют гораздо меньшее распространение, чем болотные.

Полученные данные хорошо согласуются с ретроспективными расчетами по заболачиванию Карелии на протяжении голоцена. Так, по расчетам Г.А.Елиной (Елина и др., 1984), в субатлантическое время, начавшееся 2,5 тыс. лет назад, заболотилось 3% площади гослесфонда республики, что составляет 1,2% в тысячу лет. Таким образом, можно сделать вывод об адекватности моделей заболачивания ландшафтов и возможности их применения для составления прогнозов развития данного процесса.

Изменение заболоченности на перспективу в результате осушения всего рекомендуемого фонда рассчитано для бассейна Онежского озера в целом. Намечено было осушить 566930 га болот и заболоченных земель (к 1984 г. осушены 235,3 тыс. га, с тех пор эта площадь фактически не изменилась), что составляет 48,0% гидроресомелиоративного фонда. На категорию болотных земель приходится примерно половина, т. е. 263,5 тыс. га. В неосушенном состоянии должно остаться 320,0 тыс. га болот и 277,2 тыс. га заболоченных лесов, что в сумме составит 597,3 тыс. га, или 16,0% от всей площади водосбора. В результате естественного процесса заболачивания за счет трансгрессии болот, согласно расчетам, через 1 тыс. лет площадь неосушенных переувлажненных земель увеличится на 19,5 тыс. га и достигнет 17,3%. Следовательно, в результате осушения и с учетом естественного роста болот заболоченность бассейна Онежского озера условно сократится на 15,2%. Условно потому, что осушенные болота остаются в категории болотных земель.

Прогнозирование заболачивания в ландшафтах бассейна Онежского озера, кроме хозяйственных целей, может быть использовано для расчета изменения водного баланса. В настоящее время имеются данные об уменьшении годового стока в среднем на 0,4–0,5 мм при заболачивании водосбора на 1% (Рахманов, 1974; Булавко, Маслов, 1982). Расчеты, проведенные с учетом этих критериев, показывают, что из-за естественного заболачивания без проведения лесоосушительной мелиорации годовой сток в Онежское озеро через 1 тыс. лет должен сократиться на 0,015 км<sup>3</sup>, что составляет только 0,1% от всех вод, поступающих в него с водосбора в границах Карелии. Полученные результаты гораздо меньше ежегодных колебаний притока. Таким образом, изменение стока в результате естественного процесса заболачивания не может оказать ощутимого влияния на водный баланс Онежского озера.

**6.3. Оптимизация использования и охраны болот и заболоченных лесов на ландшафтной основе.** Разработка теории болотообразовательного процесса на ландшафтной основе имеет практическую направленность и заключается в оптимизации использования переувлажненных земель. Под оптимизацией следует понимать комплекс мелиоративных мероприятий по предотвращению дальнейшего заболачивания лесов, повышению продуктивности заболоченных лесов и лесных болот и охране болот, являющихся важным структурным компонентом таежных ландшафтов. Вовлечение малопродуктивных заболоченных земель в хозяйственную деятельность посредством их гидромелиорации (преимущественно в целях выращивания древесины) наиболее активно проводилось в 60–70-х гг. прошлого столетия. В этот и предшествующий периоды в СССР и за рубежом разрабатывались критерии подбора площадей для лесоосушения (Пьявченко, Сабо, 1962; Пятацкий, Медведева, 1967; Пьявченко и др., 1970) и охраны болот (Боч, Мазинг, 1973; Sjors et al., 1973 и

1973 и др.). Общей идеей для этих критериев являлась направленность на выделение объекта, который подлежит или не подлежит освоению или охране. Отличие ландшафтного подхода к решению данных проблем заключается в обосновании и определении стратегии хозяйственной и природоохранной деятельности в пределах крупных природных территорий, однородных по генезису и структурно-функциональной организации экосистем, т.е. ландшафтов. На основании только «объектного» принципа в подходе к использованию и охране природных ресурсов не могли быть учтены различные виды взаимодействия и связей между экосистемами и их компонентами. В то же время противопоставлять ландшафтный (природно-территориальный) и объектный принципы не следует. Они гармонично дополняют друг друга, выступая в качестве различных уровней оценки состояния природных ресурсов и принятия решений о степени антропогенного вмешательства в управление их развитием.

Рассмотрим пример использования данных, полученных в результате ландшафтных исследований для гидроресомелиоративного планирования и охраны болот, применительно к среднетаежной подзоне Восточной Фенноскандии, поскольку это мероприятие в северотаежной подзоне признано малоэффективным с лесохозяйственной точки зрения (Саковец и др., 2000). На севере формальный подход к лесоосушению в чисто утилитарных целях – для увеличения запасов древесины с последующей ее заготовкой – неприменим. Однако с экологической точки зрения для мелиорации окружающей среды (урочищ, местностей или ландшафтов в целом) есть все основания рекомендовать осушение как превентивную меру для торможения пространственной агрессии заболачивания в северотаежной подзоне.

Для среднетаежной подзоны исходная информация представлена в виде карт ландшафтного районирования основных количественных параметров, отражающих развитие болотообразовательного процесса. К этим параметрам относятся: степень заболоченности, соотношение категорий переувлажненных земель и потенциальная скорость горизонтального роста болот в ландшафтах. Общая степень заболоченности и соотношение категорий переувлажненных земель являются статическими характеристиками ландшафтов, тогда как стратегия использования и охраны этих земель должна принимать во внимание динамику их развития. Необходимо учитывать количественные показатели темпов заболачивания для сосредоточения сил и средств по лесоосушению в ландшафтах, наиболее подверженных данному процессу. В целях экологической оптимизации лесоосушения три признака болотообразовательного процесса представлены в виде матрицы их распределения, позволившей интегрировать количественные показатели и выделить три группы ландшафтов, отличающиеся объемами проведения в них гидроресомелиорации. Итогом этой работы является карта-схема районирования экологи-

чески целесообразной степени лесосошения на ландшафтной основе (рис. 8). В первую группу вошли типы ландшафта 6, 8, 9, 10, 18, 19, 20, общая степень заболоченности которых менее или около 30%. Болота в них занимают более половины площадей. Средняя скорость горизонтального роста болот минимальна – до 10 м/тыс. лет. Экологическая роль заболачивания в них исключительно велика и заключается в стабилизирующем влиянии на уровень грунтовых вод, а в денудационно-тектонических ландшафтах, кроме того, способствует увлажнению нижележащих склонов. Динамика процесса заболачивания носит слабо выраженный регрессивный характер. Исходя из параметров болотного процесса и его экологической роли, проведение гидролесомелиоративных работ в перечисленных типах ландшафта нецелесообразно или может носить выборочный характер (на отдельных участках заболоченных лесов, вырубок и гарей) на площади, не превышающей 30% от общей заболоченности, что составляет 5–6% от общей площади ландшафтных контуров.



Рис. 8. Районирование среднетасажной подзоны Карелии по степени экологической целесообразности лесосошительной мелиорации:

I – минимальная, II – средняя, III – максимальная

Во вторую группу вошли типы ландшафта 5, 11, 13, 14, 17 с общей степенью заболоченности от 30 до 60%, в которой доля болот также превышает или составляет около половины от площади заболоченности, а потенциальная скорость горизонтального роста болот – от 10 до 30 м/тыс. лет. Теоретически в данных типах ландшафта можно осушать от 30 до 50% переувлажненных земель, что составит до 15% территории от общей площади ландшафтного контура. Основной акцент при проведении лесосошительных работ должен быть сделан на профилактику заболачивания путем осушения окраек болот, заболачивающихся вырубок и гарей с целью предотвращения его дальнейшего развития.

В третью группу вошли ландшафты озерно-ледникового генезиса 2, 3 и 4. Рельеф их наиболее выположен, и процесс заболачивания сдерживается преимущественно древостоем. Этим типам ландшафта свойственны максимальные показатели основных параметров: степень заболоченности, около 60%, доля заболоченных лесов – 50–70%, а темпы горизонтального роста болот – от 40 до 100 м/тыс. лет. В них возможно проведение лесосошительных работ на 30–60% от площади заболоченности. Приоритет в проведении лесосошительных работ должен отдаваться профилактическим мероприятиям по предотвращению заболачивания.

Определение экологически целесообразной степени лесосошения одновременно обосновывает и охрану болот посредством исключения их из планов лесосошительной мелиорации. Таким образом, болота сохраняются в сложившейся структуре экосистем ландшафтов. Кроме большого структурно-функционального значения в природе тайги, ряд болот подлежит охране вследствие тех или иных особенностей, представляющих интерес для человека – познавательный, рекреационный, биоресурсный и т.п. Выделение конкретных болотных массивов в целях их охраны основывается на ряде субландшафтных («объектных») критериев на уровне фаций (Боч, Мазинг, 1973; Sjors et al., 1973).

В настоящее время в Карелии под охраной находится 28 тыс. га болот (Токарев, 1991) без учета тех площадей, которые расположены на охраняемых территориях в пределах заповедников и национальных парков, существующих и планируемых к созданию. Отдельные охраняемые болотные массивы были выделены преимущественно в соответствии с ботанико-ресурсными критериями как наиболее продуктивные источники дикорастущих ягод – клюквы и морошки. Охраняются также болота – памятники природы, объекты науки, места гнездования и миграционные станции птиц и т.п. Кроме того, ландшафтный принцип природоохранной деятельности обосновывает охрану ряда обычных и уникальных для каждого типа ландшафта болот в качестве природных эталонов.

**Заключение.** В заключении отмечено, что в диссертации рассмотрены актуальные проблемы, охватывающие теоретические и практические вопросы современной структурно-динамической организации заболоченности европейской тайги на примере Восточной Финноскандии. Анализ литературы позволил прийти к заключению о том, что крайне слабо исследовано влияние этого процесса на современную динамику взаимоотношений леса и болота и не разработаны подходы к рациональному использованию и охране болот и заболоченных лесов на ландшафтном уровне организации экосистем.

Впервые в пределах таежной зоны на основе системного ландшафтно-экологического подхода исследована структура и динамика заболоченности по трем основным направлениям:

- влияние региональных ландшафтно-экологических условий на структуру и динамику заболоченности;
- влияние болотообразовательного процесса на структуру, динамику и разнообразие таежных экосистем;
- разработка методических подходов ландшафтно-экологических исследований заболоченности тайги и практических предложений по рациональному использованию и охране переувлажненных местообитаний.

**Изучение влияния ландшафтно-экологических условий на структуру и динамику заболоченности позволило сделать следующие выводы:**

- расчлененность рельефа ландшафтов определяет степень заболоченности – основную количественную характеристику болотообразовательного процесса, а их морфогенезис – структуру заболоченности: соотношение заболоченных и болотных категорий земель, т.е. качественные показатели этого процесса;
- выявлено, что в равнинных ландшафтах наибольшее влияние на тип болота или заболоченного леса оказывает преимущественно высотное положение относительно внутриландшафтного базиса эрозии, тогда как в ландшафтах с сильно расчлененным рельефом – особенности водно-минерального питания, обусловленные различными уровнями разгрузки грунтовых вод;
- характер соотношения категорий земель (минеральных, заболоченных и болотных) и их распределение по уклонам поверхностей в моногенетических типах и группах ландшафтов северной и средней тайги Восточной Фенноскандии идентичны;
- предложено и обосновано понятие о потенциальной энергии заболачивания, которая определяется средним взвешенным значением уклона поверхности болотных и заболоченных земель – основным показателем естественной возможности развития болотообразовательного процесса в соответствующих ландшафтно-экологических условиях. Потенциальная энергия заболачивания в ландшафтах денудационно-тектонического генезиса в северотаежной подзоне выше, чем в средне-таежной, в 1,5–2,8 раза для заболоченных земель и в 1,7–3,5 раза для болотных, но это различие практически отсутствует в типах равнинных ландшафтов озерно-ледникового и морского генезиса и холмисто-грядовых ландшафтах водно-ледникового генезиса;
- открытая гидрографическая сеть ландшафтов Восточной Фенноскандии, наряду с болотами и заболоченными лесами, является отражением морфогенетических особенностей рельефа и не оказывает непосредственного воздействия на степень их заболоченности;
- предложен и обоснован методологический подход к выделению ландшафтно-гидрологических комплексов – водораздельных и водосборных пространств в пределах типов ландшафтов. Приме-

- нительно к исследованию заболоченности ландшафтно-гидрологических комплексов выявлено, что водораздельные и водосборные пространства на ландшафтом уровне организации экосистем региона заболочены примерно в равной степени;
- впервые для среднетаежной подзоны получены данные о непосредственном влиянии климатических флуктуаций на характер взаимоотношения лесо- и болотообразовательного процессов за период инструментальных наблюдений за климатом (с 50-х гг. XIX в. до конца XX в.). В методическом аспекте для объяснения феномена облесения болот и сохранения лесной растительности на болотах исключительно важным моментом выступает анализ не только основных годовых климатических показателей, но и их помесечного многолетнего тренда. Имеющиеся данные позволяют заключить, что сравнительно благоприятные (более теплые и сухие) климатические условия, наступающие периодически, способны лишь затормозить, но не остановить естественный процесс заболачивания в подзоне средней тайги Восточной Фенноскандии;
- в пределах таежной зоны решающее влияние на структурно-динамические показатели заболоченности территории, включая потенциальную энергию и скорость заболачивания за счет горизонтального роста болот, оказывают морфогенетические особенности ландшафтов, тогда как флуктуации климата определяют долговременные разнонаправленные тенденции взаимоотношений древесных и травяно-моховых формаций.

**Изучение влияния болотообразовательного процесса на структуру, динамику и разнообразие таежных экосистем позволило сформулировать следующие выводы:**

- формирование почвенных профилей в результате пространственной экспансии болот зависит преимущественно от уклонов вмещающих болотных котловин. При значительных уклонах поверхности на окрайках формируются подзолистые торфянистые иллювиально-железисто-глеевые почвы и, реже, иллювиально-железисто-гумусово-глеевые, тогда как при малых значениях уклона развивается преимущественно подзол торфянистый иллювиально-гумусово-глеевый;
- фрагментацию лесного покрова тайги за счет болотообразовательного процесса следует рассматривать на двух уровнях – растительных формаций и почвенного покрова. Полученные данные свидетельствуют о том, что расчлененность рельефа ландшафтов оказывает влияние на соотношение фрагментов растительных формаций и почвенно-генетических разностей, но не отражается на количестве фрагментов. В целом болотообразование как основной естественный элемент фрагментации лесного покрова не несет для него катастрофических последствий в силу нелинейной динамики пространственного распространения древесной растительности под влиянием климатических флуктуаций и бу-

ферной роли торфянистых и торфяных почв. Кроме того, выявлены разнонаправленные тенденции развития болотного процесса в зависимости от морфогенетических условий ландшафтов. Исследование структуры коренных переувлажненных лесов (V–VI классов возраста), разнообразия групп типов заболоченных лесов, лесных и открытых болот (по категориям земель и формациям) и распределения категории заболоченных лесов относительно общей степени заболоченности в типах ландшафтов и подзонах тайги позволило выявить следующее:

- доминирование коренных древесных пород в ландшафтах с преобладанием сосновых и еловых местообитаний в северной и в средней тайге наблюдается в соответствии с преобладающей породой как на суходолах, так и в заболоченных местообитаниях, тем не менее на севере в равнинных типах ландшафтов различного генезиса заболоченные местообитания играют важнейшую роль в проникновении ельников в сосновые ландшафты и сосняков в еловые, что характерно лишь для денудационно-тектонических равнин в среднетаежной подзоне;
- разнообразие групп типов заболоченных и болотных сосняков и ельников в ландшафтах северотаежной подзоны ограничено одной – тремя группами типов леса, тогда как в среднетаежной подзоне обычно присутствие трех – четырех групп;
- заболоченные леса в северотаежной подзоне распространены в меньшей степени, чем в среднетаежной, во всех ландшафтах, что служит объективным показателем агрессивного болотообразовательного процесса на севере. Важнейшая роль заболоченных лесов заключается в их большой экологической роли, поскольку они представлены в основном коренными типами, фактически не затронутыми хозяйственной деятельностью;
- впервые дана оценка структуры заболоченных лесов, которые выступают в качестве буферных экосистем, существующих в условиях динамического неравновесия под влиянием лесо- и болотообразовательных процессов. Им принадлежит ведущая роль в формировании биоты равнинных таежных ландшафтов и существенное значение для сохранения биоразнообразия и коренных лесных местообитаний. Они служат основным гидроресурсомелиоративным фондом, поскольку болотообразовательный процесс в них замедлен и они произрастают на потенциально плодородных почвах с развитым комплексным (органо-минеральным) профилем. Осушение части заболоченных лесов будет способствовать увеличению лесной продукции и сдерживанию заболачивания территории.

*В ходе разработки методических подходов ландшафтно-экологических исследований заболоченности тайги и практических предложений по рациональному использованию и охране переувлажненных местообитаний сформулированы следующие выводы:*

- потенциальная скорость заболачивания (за счет горизонтального роста болот) должна определяться по средним взвешенным значениям уклонов поверхностей минеральных земель, свойственных типу ландшафта, и среднему значению ежегодного прироста торфа в болотах с учетом времени. На основе предложенного метода расчета горизонтального роста болот построена графическая модель, которая отражает особенности этого процесса в зависимости от морфогенеза ландшафтов;
- естественный процесс заболачивания лесов при сохранении современных климатических условий даже через 1000 лет не сможет оказать ощутимого влияния на водный баланс водоемов Карелии;
- разработаны дифференцированные ландшафтно-экологические критерии обоснованных объемов лесосоосушения исходя из основных количественных параметров, отражающих развитие болотообразовательного процесса. К этим параметрам относятся: степень заболоченности, соотношение категорий переувлажненных земель и потенциальная скорость горизонтального роста болот в ландшафтах;
- определение экологически целесообразной степени лесосоосушения одновременно обосновывает охрану болот посредством исключения их из планов лесосоошительной мелиорации. Таким образом, болота сохраняются в сложившейся структуре экосистем ландшафтов. Кроме большого структурно-функционального значения в природе тайги, ряд болот подлежит охране вследствие тех или иных особенностей: места обитания редких и исчезающих видов растений и животных, стаии в период сезонных миграций, в том числе представляющих интерес для человека – познавательный, рекреационный и т.п.

**Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:**

**Монографии:**

1. Коломыцев В.А. Болотообразовательный процесс в среднетаежных ландшафтах Восточной Финноскандии. Петрозаводск, 1993. (10,8 а.л.).
2. Коломыцев В.А. Географические особенности структуры и динамики заболоченности Восточной Финноскандии. Петрозаводск, 2001. (10,7 а.л.).
3. Волков А.Д., Громцев А.Н., Коломыцев В.А. и др. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика). Петрозаводск, 1990. (21 / 2,1 а.л.).
4. Андреев К.А., Белоусова Н.А., Коломыцев В.А. и др. Экологическая ситуация в Карелии. Петрозаводск, 1993. (12 / 1,3 а.л.).
5. Волков А.Д., Громцев А.Н., Коломыцев В.А. и др. Экосистемы ландшафтов запада северной тайги (структура, динамика). Петрозаводск, 1995. (20 / 2,2 а.л.).
6. Волков А.Д., Громцев А.Н., Коломыцев В.А. и др. Биоресурсный потенциал географических ландшафтов северо-запада таежной зоны России (на примере Республики Карелия). Петрозаводск, 2005. (11 / 3 а.л.).

**Научные статьи в центральной печати:**

7. Коломыцев В.А. Моделирование процессов заболачивания в лесных ландшафтах среднетаежной подзоны Карелии // География и природные ресурсы. Иркутск, 1986. № 1.(0,5 а.л.).

8. Громцев А.Н., Коломыцев В.А. Водоохранные леса Карельского побережья Белого моря: природные особенности и оптимизация использования // Лесной журнал. 1992. № 4. (0,3 / 0,2 а.л.).

9. Коломыцев В.А. Ландшафтные аспекты распространения и использования заболоченных лесов // Лесной журнал. 1999. № 4. (0,5 а.л.).

10. Коломыцев В.А. Зональные и ландшафтные особенности структуры коренных переувлажненных сосновых и еловых лесов Восточной Финноскандии. Деп. научная работа в ВИНТИ. 2004. (0,6 а.л.).

11. Коломыцев В.А. Влияние заболоченности на фрагментацию лесного покрова тайги Восточной Финноскандии. Деп. научная работа в ВИНТИ. 2004. (0,3 а.л.).

**в других изданиях:**

12. Пьявченко Н.И., Коломыцев В.А. Влияние осушительной мелиорации на лесные ландшафты Карелии // Болотно-лесные системы и их динамика. Л.: «Наука», 1980. (1,6 / 0,8 а.л.).

13. Никифоров В.В., Мельникова Н.И., Коломыцев В.А. Заболочивание лесных экосистем в Карельском Заонежье // Антропогенные нарушения и природные изменения наземных экосистем. ИЭМЭЖ. М., 1981. (0,6 / 0,2 а.л.).

14. Коломыцев В.А., Шелехов А.М. Современная динамика растительности болот в некоторых ландшафтах южной Карелии // Теоретические основы ведения лесного хозяйства на мелиорированных землях Карелии. Петрозаводск, 1984. (0,5 / 0,3 а.л.).

15. Коломыцев В.А. К вопросу о взаимосвязи заболоченности и темпов заболочивания с рельефом равнинных типов ландшафта // Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии. Петрозаводск, 1985. (1,5 а.л.).

16. Коломыцев В.А. Темпы заболочивания и их изменение под влиянием лесосушения в ландшафтах бассейна Онежского озера // Изменение лесоболотных биогеоценозов под влиянием осушения. Петрозаводск, 1986. (0,9 а.л.).

17. Волков А.Д., Громцев А.Н., Коломыцев В.А. и др. Некоторые аспекты практического приложения результатов комплексного исследования ландшафтов // Природа и хозяйство Севера. Мурманск, 1987. Вып. 15. (0,7 / 0,2 а.л.).

18. Волков А.Д., Громцев А.Н., Коломыцев В.А. и др. Экологическое и хозяйственное районирование среднетаежной подзоны Карельской АССР: Метод. рекомендации. Петрозаводск, 1989. (2,5 / 0,25 а.л.).

19. Коломыцев В.А. Экспертная оценка гидролесомелиоративного фонда денудационно-тектонических ландшафтов // Исследование осушаемых лесоболотных биогеоценозов Карелии. Петрозаводск, 1989. (1,0 а.л.).

20. Коломыцев В.А. Ландшафтно-географический подход к проблеме охраны и использования болот // Почвенные ресурсы Карелии, их рациональное использование и охрана. Петрозаводск, 1992. (1,5 а.л.).

21. Gromtsev A.N., Kolomytsev V.A., Shelechov A.M. Diversity of taiga ecosystems: present state and trends of anthropogenic dynamics // North Karelia biosphere reserve. Joensuu, 1995. (0,3 / 0,1 а.л.).

22. Громцев А.Н., Коломыцев В.А., Шелехов А.М. Экосистемы национально-парка «Паанаярви», ландшафтные особенности, экологическая и рекреационная оценка. Петрозаводск, 1995. (1,0 / 0,3 а.л.).

23. Gromtsev A.N., Kolomytsev V.A., Shelechov A.M. Landscapes of the border zone and their complex assessment aimed at nature protection // Oulanka Reports, 1996. N 16. (0,8/0,3 а.л.).

24. Kolomytsev V.A., Kuznetsov O.L. Mires and paludified forests of the Kostomuksha Nature Reserve // Ecosystems, fauna and flora of the Finnish – Russian Nature Reserve Friendship. Helsinki, 1997. (0,8 / 0,4 а.л.).

25. Gromtsev A.N., Kolomytsev V.A., Shelechov A.M. The landscape characteristics of the Kostomuksha Nature Reserve. Landscapes of the border zone and their complex assessment aimed at nature protection // Ecosystems, fauna and flora of the Finnish – Russian Nature Reserve Friendship. Helsinki, 1997. (1,0 / 0,3 а.л.).

26. Волков А.Д., Громцев А.Н., Коломыцев В.А. Использование ландшафтной основы для районирования таежных территорий по экологическим, ресурсным и хозяйственным критериям // Инженерная экология. 1998. № 5. (1,0 / 0,3 а.л.).

27. Громцев А.Н., Коломыцев В.А., Шелехов А.М. Таежные ландшафты Российской-Финляндской границы: природные особенности, характеристика и разнообразие лесных и болотных сообществ // Инвентаризация биологического разнообразия в приграничных с Финляндией районах Республики Карелия. Петрозаводск, 1998. (0,6 / 0,2 а.л.).

28. Громцев А.Н., Коломыцев В.А., Преснухин Ю.В. Таежные ландшафты побережья Белого моря: природные особенности, оценка разнообразия лесных и болотных сообществ и рекомендации по созданию охраняемых территорий // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на Карельском побережье Белого моря. Петрозаводск, 1999. (0,8 / 0,2 а.л.).

29. Коломыцев В.А. Ландшафтно-экологические исследования структуры и динамики заболоченности Карелии // Труды КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2004. Вып. 6. (1,2 а.л.).

**Материалы международных, всесоюзных и всероссийских конференций и симпозиумов:**

30. Кузнецов О.Л., Антипин В.К., Коломыцев В.А. Особенности формирования болот в расчлененных формах рельефа северо-западной Карелии // Генезис и динамика болот. Тез. докл. МГУ. М., 1978. Вып. 1. (0,1 / 0,03).

31. Коломыцев В.А. К вопросу об изучении типов окраек болот Карелии // Вопросы экспериментальной ботаники и зоологии. Тез. докл. Петрозаводск, 1981. (0,1 а.л.).

32. Коломыцев В.А. Болота и заболоченные леса озерно-равнинного ландшафта // Повышение продуктивности и рациональное использование биологических ресурсов Европейского Севера СССР. Тез. докл. Петрозаводск, 1982. (0,2 а.л.).

33. Коломыцев В.А. Опыт построения эмпирической модели ландшафта с целью изучения процессов заболочивания в южной Карелии // Проблемы развития лесной промышленности и лесного хозяйства Карелии. Тез. докл. научно-техн. конф. Петрозаводск, 1983. (0,1 а.л.).

34. Коломыцев В.А. Прогноз заболочивания в некоторых типах ландшафтов южной Карелии // Оптимизация, прогноз и охрана природной среды. Тез. докл. М., 1986. (0,18 а.л.).

35. Коломыцев В.А. Ландшафтная оценка и районирование гидролесомелиоративного фонда среднетаежной подзоны Карелии // Мелиорация Нечерноземья. Тез. докл. Л., 1986. (0,1 а.л.).

36. Коломыцев В.А. Оптимизация лесосушения на ландшафтной основе // Пути решения региональных проблем охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в КАСР. Петрозаводск, 1987. (0,1 а.л.).