

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

У. А. ВАЛК

**ЭСТОНСКИЕ ВЕРХОВЫЕ БОЛОТА, ИХ
ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

ТАРТУ 1969

На правах рукописи

У. А. ВАЛК

**ЭСТОНСКИЕ ВЕРХОВЫЕ БОЛОТА, ИХ
ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

(094 — Ботаника)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

ТАРТУ 1969

Работа выполнена до 1964 года при Институте зоологии и ботаники АН ЭССР и с 1964 года при Эстонской Научно-исследовательской лаборатории лесоводства.

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки ЭССР, доктор биологических наук, профессор Л.Р.Лаасимер; заслуженный деятель науки РСФСР, доктор биологических наук, профессор Н.И.Пьявченко; доктор биологических наук Т.Э.Фрей.

Ведущее учреждение: Совет факультета лесного хозяйства и гидромелиорации Эстонской с/х академии.

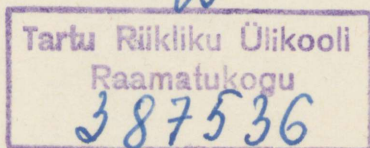
Автореферат равенслан "....."..... 1969 г.

Защита диссертации состоится ".....".....1969 г. на заседании Совета биологического отделения биолого-географического факультета Тартуского государственного университета (Эст.ССР, гор. Тарту, ул. Юликооли, 18).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Тартуского государственного университета.

Ученый секретарь ТТУ

(И.Маароов)



Диссертация состоит из 11 глав и написана на эстонском языке. Рукопись содержит 822 страниц машинописи. В тексте 130 таблиц и 106 рисунков. Список использованной литературы включает 972 названия.

х х х

Основной задачей настоящей диссертации являлось выяснение возможностей интенсификации использования эстонских верховых болот в лесном хозяйстве. При постановке задач исследования учитывались соответствующие указы и постановления Правительства и Верховного Совета Эстонской ССР. В связи с этим автор считал необходимым, прежде всего, провести комплексное изучение природных условий на верховом болоте и исследовать причины слабого роста на нем болотной сосны. Автор исходил из предпосылки, что хорошее знание лесорастительных условий откроет пути к правильному разрешению практических задач, связанных с использованием верховых болот в лесном хозяйстве. Автор считал также необходимым изучение ряда теоретических вопросов, в особенности связанных с генезисом болот.

Так как проведенные нами исследования носили комплексный характер и имели широкий охват, они требовали хорошего знания многих смежных научных дисциплин и применения разнообразных методов исследования, поэтому нам пришлось сотрудничать с целым рядом работников других специальностей из различных учреждений (кафедра систематики растений

и геоботаники Тартуского государственного университета, Институт зоологии и ботаники Академии наук ЭССР, Институт геологии АН ЭССР, Эстонский научно-исследовательский институт земледелия и мелиорации и др.). Большую помощь нам оказало Министерство лесного хозяйства и охраны природы ЭССР. Автор выражает искреннюю благодарность всем лицам и учреждениям, которые помогли ему завершить его труд.

1 ЗАДАЧА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Верховые болота, несмотря на их широкое распространение в Северной и Северо-западной Европе, до сих пор мало эксплуатируются. Опыт использования их в лесном хозяйстве почти отсутствует. С XIX века и до настоящего времени сосняки на верховом болоте если в некоторой мере и осушались, то обычно без значительного хозяйственного эффекта. Поэтому общая площадь осушенных верховых болот весьма незначительна. Площадь верховых болот, которые не приносят пользы человеку, в одной только Эстонской ССР составляет более 200000 га.

Опытных и исследовательских работ, проведенных с целью выяснения возможностей использования верховых болот в лесном хозяйстве, в мире довольно мало. Судя по литературным источникам, некоторые работы такого рода проведены в Швеции, Финляндии, Германской Федеративной Республике и Англии. В Советском Союзе, в том числе и на территории Эстонии, исследовалось влияние осушения на производительность сфагновых сосняков; однако выяснению возможностей использования открытых верховых болот в лесном хозяйстве не уделялось достаточно внимания. Относительно слабо и неполно изучены также природные факторы на верховых болотах. Лесорастительные условия на них исследованы значительно слабее, чем на низинных и переходных болотах. Это несомненно одна из причин, почему перспективы использования верховых болот в лесном хозяйстве менее ясны, чем использование с

той же целью других типов болот.

В своем исследовании автор базировался на учении выдающегося русского лесоведа и биолога Г.Ф.Морозова и его ученика академика В.Н.Сукачева о взаимосвязи и совокупности природных явлений. Автор исходил из положения, что верховое болото (группа биогеоценозов) представляет собою сложную совокупность природных явлений, где происходит постоянное движение, изменение и развитие, где между деревьями и средой существует сложная взаимосвязь и взаимовлияние. Рост деревьев зависит от климатических, эдафических, гидрологических и биотических факторов и от хозяйственной деятельности человека.

Главными объектами нашего исследования являлись растительный покров, почва, гидрологические и микроклиматические факторы, и деревья, растущие на верховом болоте, а также и ряд других вопросов, связанных с образованием и развитием болот. Считая необходимым учитывать в научной работе, кроме всего прочего, принцип историзма, автор рассматривает в диссертации историю изучения и использования эстонских болот.

Из-за большого охвата рассматриваемых вопросов методика исследования гетерогенна по своему характеру. Поэтому использованы методы исследования разных отраслей науки. При изучении образования и развития эстонских верховых болот пользовались, главным образом, палинологическими методами, связанными с определением возраста торфа радиоуглеродным методом. Растительный покров, эдафические условия, фитоклимат и гидрологические условия изучались методами, используемыми в соответствующих научных дисциплинах (геоботаника, почвоведение, климатология, гидрология).

Природные факторы на верховом болоте изучались с выбором. В первую очередь, были изучены факторы, которые на верховых болотах носят более экстремный характер, чем на минеральных почвах, и поэтому могут тормозить естественное возобновление и рост деревьев на этом типе болота. Также была сделана попытка выяснить и научно обосновать лесоводственные приемы, улучшающие условия роста леса на болоте.

С целью изучения результатов воздействия человека на лесорастительные условия и на возобновление и рост деревьев закладывались (начиная с 1953 года) опытные культуры и опытные участки, и исследовалось методами, применяемыми в лесоводстве, влияние осушения на продуктивность сфагновых сосняков.

Полевые исследования проводились в стационарах и полустационарах, а также маршрутным методом на многих верховых болотах. За время полевых работ было пересмотрено всего около $\frac{1}{3}$ общей площади верховых болот Эстонии.

В диссертационной работе учтена вся доступная нам отечественная и зарубежная специальная литература. Составлена библиографическая картотека, содержащая (круглым счетом) 2000 названий научных трудов, где трактуются вопросы, связанные с настоящим исследованием. Для более удобного пользования литературными источниками введены визуальные перфокарты по всем изучаемым вопросам.

II ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛОТ, ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

1. Понятие болота и торфа, их общая характеристика

Многие исследователи, исходя из различных точек зрения, определяли понятие болота (Weber, Saajander, Аболин, Сукачев, Доктуровский, Галкина, Дубах, Кац, Пьявченко, Богдановская-Гиенэф, Берг, Иванов, Романов и др.). В настоящей работе болото рассматривается как группа биогеоценозов, для которой характерны постоянно или периодически переувлажненная почва, специфическая болотная растительность и наличие растущего торфяного слоя. Под биогеоценозом мы понимаем однородный участок земной поверхности, где растительность, животный мир и факторы среды, будучи взаимосвязаны, представляют собой единую жизненную совокупность.

Из-за наличия торфяной залежи, переувлажненной почвы,

специфической растительности отличить болото от других местопроизрастаний в большинстве случаев не представляет трудности. Затруднения возникают лишь в случае мелкоотсорфованных объектов, которые можно отнести как к болоту, так и к заболоченным землям. Под болотом мы понимаем избыточно увлажненный участок земной поверхности, покрытый слоем торфа глубиной не менее 30 см в неосушенном и 20 см в осушенном состоянии.

Образование торфа (после последнего ледникового периода) началось в Эстонии приблизительно 9000-10000 лет назад и продолжается до сегодняшнего дня.

В поверхностных слоях верховых болот Эстонии наибольшее распространение имеет плохоразложившийся фускум-торф. Достаточно часто встречается также комплексный сфагновый торф.

2. Распространение болот

Болота расположены в основном в зоне хвойных лесов северного полушария, частично также в зоне смешанных лесов.

В Европе болота наиболее распространены в северной и северо-западной ее части. В южном и юго-восточном направлениях заболоченность уменьшается.

Верховые болота распространяются от Западной Сибири через северную часть Средней России, Южную и Среднюю Финляндию, Южную Скандинавию, Прибалтику и Северную Германию до Англии. Небольшие верховые болота встречаются еще и у подножия гор Центральной Европы. В южной части Европы типичные верховые болота отсутствуют. На Дальнем Востоке верховые болота встречаются на Камчатке. В Северной Америке верховые болота концентрируются в окрестностях больших озер и на побережьях Атлантического и Тихого океанов. В Южной Америке они имеются на островах Огненной Земли.

Процент верховых болот от общей площади болот тем больше, чем благоприятнее условия для образования торфа. Удель-

ный вес верховых болот вообще возрастает в северном направлении.

Территория Эстонской ССР приблизительно на 20% покрыта болотами. Из итогов картирования, проведенного Эстонским научно-исследовательским институтом земледелия и мелиорации, видно, что площадь болот республики составляет 907900 га, из этой площади 514100 га (57%) занимают низинные болота, 114600 га (12%) – переходные болота, и 279200 га (31%) – верховые болота. По данным картирования болот под верховыми болотами находится 6,2% территории Эстонской ССР, по данным же геоботанического картирования Эстонской ССР (по Л.Лаасимер) верховые болота занимают 8,4% ее территории, т.е. больше 380000 га. Верховых болот больше всего в юго-западной, средней и северо-восточной частях республики.

3. Общая характеристика типов болот

Имея в виду особенности развития болот, различия в растительном покрове и характере торфа, болота с начала настоящего века разделяются на низинные, переходные и верховые. Эта классификация получила общее признание, а названные типы болот признаны во многих странах, в том числе в Советском Союзе, в качестве основных таксономических единиц в типологии болот.

Низинные, переходные и верховые болота различаются по плодородию почвы, и условия роста леса на них также различны. Плодородие почвы может значительно различаться и в пределах одного и того же типа болот. Даже в одном и том же виде торфа содержание питательных веществ может существенно варьировать, в зависимости от различных факторов.

Так как стратиграфия торфяной залежи, плодородие почвы и возможности использования болот в сельском и лесном хозяйстве зависят в большой мере от географических и геологических условий, необходимо проводить региональное исследование болот.

Из исследования свойств торфяных почв Эстонии явствует, что на верховом болоте поверхностный торфяной слой имеет pH_{KCl} 2,2-3,7, зольность $3,0 \pm 0,10\%$, содержание $\text{N} - 0,87 \pm 0,03\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 - 0,11 \pm 0,005\%$ и $\text{CaO} - 0,32 \pm 0,01\%$; на низинном болоте pH_{KCl} 4,7-7,1, зольность $11,3 \pm 0,44\%$, содержание $\text{N} - 2,87 \pm 0,04\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 - 0,16 \pm 0,01\%$ и $\text{CaO} - 4,36 \pm 0,10\%$. Наш грубый подсчет показывает, что в равной мощности поверхностном торфяном слое верхового типа содержание N в 6,6, P_2O_5 в 2,9 и CaO - в 27 раз меньше, чем низинного типа. Судя по анализу торфяной почвы, можно в общих чертах сказать, что торфяные почвы, в которых содержание кальция в абсолютно сухом торфе составляет ниже 0,5%, принадлежат к верховым болотам. На переходных болотах содержание кальция колеблется между 0,5-2,5%, на низинных болотах оно обыкновенно превышает 2,5%.

Различия в плодородии торфяных почв между отдельными типами болот обуславливают различия в растительном покрове болот.

4. О типологии эстонских болотных лесов

Значительные различия в условиях роста леса являются причиной разнообразия древостоев на болотах и заболоченных землях. Это вызывает необходимость классифицировать болотные и заболоченные леса. В Советском Союзе составлены типологические схемы и классификации заболоченных и болотных лесов для Российской Федерации (Н.И.Пьявченко), Латвийской ССР (А.Звиедрис, К.Вулс) и Эстонской ССР (А.Илвес, В.Масинг, А.Кару-Л. Муисте, А.Катус-Е.Тарпо). В таблице 1 дается обзор типов лесорастительных условий и типов леса на болотах Эстонии.

На верховых болотах Эстонии главной породой является сосна обыкновенная. Учитывая степень изученности сфагновых сосняков и уровень ведения современного лесного хозяйства и его потребности, достаточно, если в каждом типе лесораститель-

Таблица 1

Типы лесорастительных условий, встречающиеся на
болотах Эстонии, и классификация типов леса

Тип болота	Тип лесорастительных условий	Типы леса	Бонитет	Водный режим
Низинное болото	Топяной	Черноольшаник, березняк, ельник	(II) III-IV	Грунтового питания
	Низинно-болотный	Березняк, сосняк, черноольшаник	IV-Va	
Переходное болото	Переходно-болотный	Сосняк, березняк	(IV) V-Va	Атмосферно-грунтового питания
Верховое болото	Торфянистый верещатник	Сосняк	(IV) V-Va	Атмосферного питания
	Верховое болото переходного типа	Сосняк	V-Va	
	Обычное верховое болото	Сосняк	<Va	
Долго-временно осушенное болото	Перегнойно-торфяно-болотный	Березняк, ельник, сосняк	(I) II-IV (V, Va, <Va)	

тельных условий, встречающемся на верховом болоте, выделить один тип леса (то есть, сосняк на торфянистом верещатнике, сосняк на верховом болоте переходного типа и сосняк на обычном верховом болоте). Все эти три типа леса иногда могут быть трудно различимы по растительному покрову друг от друга. Наиболее часто встречающимися в них сообществами являются: асс. *Pinus silvestris* - *Calluna vulgaris* - *Sphagnum*, асс. *P. silvestris* - *Ledum palustre* - *Pleurozium schreberi*, асс. *P. silvestris* - *Ledum palustre* - *Sphagnum* и асс. *P. silvestris* - *Eriophorum vaginatum* - *Sphagnum*. Сосняки на торфянистом верещатнике, на верховом болоте переходного типа и на обычном верховом болоте можно отличать друг от друга по характеру поверхностного слоя торфа.

III ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛОТ И БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ В ЭСТОНИИ

В Тарту уже в минувшем столетии существовал целый ряд учебных и научных учреждений (Тартуский университет, Общество естествоиспытателей, Прибалтийское лесное общество и др.), а также несколько больших типографий. Благодаря этому Тарту стал в Прибалтике одним из научных центров, где издавались естествоведческие труды (в том числе и болотоведческие).

В условиях царской России именно в Прибалтике впервые было предпринято использование и исследование болот и торфа. В некоторых болотах Курляндии топливный торф заготавливался уже в 1710-1720 годах, следовательно, еще до того, как Петром 1 был издан в 1723 году соответствующий указ. Как известно, начало производства торфа в России связывают как раз с этим годом.

Осушительные работы начались еще раньше, чем заготовка торфа. В старых литературных источниках отмечается, что около Таллина осушительные каналы проводились уже в сере-

дине ХУІ века. В ХУІ веке избыточно увлажненные земли осушались во многих имениях Эстляндии, в ХУІІІ веке это осушение проводилось в широких масштабах в имениях на о. Сааремаа.

В 1834 году, по инициативе профессора Тартуского университета И.Ф.Л. Шмальца, вблизи Тарту был основан Сельскохозяйственный институт – первое высшее сельскохозяйственное учебное заведение в России; при нем было организовано передовое образцово-показательное хозяйство, где были проведены осушительные работы. В 1839 году было учреждено Эстляндское сельскохозяйственное общество, которое также занималось осушкой болот.

В появившейся в 1845 году на немецком языке работе А.Хуэка, где рассматривается сельскохозяйственное использование земель в Эстляндии, Лифляндии и Курляндии, уделяется некоторое внимание и болотам, в том числе также и верховым болотам; в этой работе впервые используется для верхового болота название на эстонском языке – "raba".

Работа А.Хуэка (1845) местами повторяет появившиеся в печати на 60–70 лет раньше статьи А.Хупеля (1774, 1777, 1782). В первой из них (Hupel, 1774) дается, по всей вероятности, самый первый, хотя и очень поверхностный и краткий обзор наших болот. По А.Хупелю, заболоченные земли и болота занимают около половины всей Прибалтики. Дополнением к работам А.Хупеля явился атлас Лифляндии, составленный Л.А. Меллином, в котором приводились и данные относительно избыточно увлажненных земель.

Первые культуры на болотах теперешней территории Эстонской ССР были заложены в 50–60-годах ХІХ столетия, причем использовались также и дренажи.

Одной из первых основательных работ, посвященных торфу и болотам царской России, является работа А.Боде, вышедшая в 1837 году в Тарту (168 стр.) ("Anleitung zum Torfbetriebe in den Ostseeprovinzen", *Livländische Jahrbücher der Landwirtschaft, Neue Reihenfolge. I Band. I Heft*). В ней приводятся данные о заготовке топливного торфа и использовании болот в сельском и лесном хозяйстве, рассмат-

риваются отдельные виды торфа, его топливная ценность и быстрота прироста, классифицируются болота и виды торфа и т.д. Годом раньше эта работа появилась в виде краткой сводки в Ежегоднике сельского хозяйства Лифляндии (Bode, 1836). В 1846 году вышло из печати новое исправленное издание его работы, где он делит болота на пять групп. В 1839 году вышла в свет карта Лифляндии А.Рюккера, на которой были нанесены также болота, и в 1844 году карта Эстляндской губернии Ю.Х. Шмидта.

Наряду с научно-популярными краткими статьями, в которых описываются болота и их климат (Еще доказательств ..., 1836; Сиверс, 1858-61), с 60-годов XIX столетия в печати начинают появляться научные статьи. Первые научные статьи по болотам были опубликованы профессорами Тартуского университета К.Шмидтом (1861, 1876), А.Пецгольдом (1862) и Э.Руссовым (1865, 1894). Первые два ученых приводят данные о химическом составе торфа и растительном покрове болот. Э.Руссов рассматривает в своих работах торфяные мхи столь основательно, что приобретает в этой области мировую известность.

Из опубликованных в XIX веке трудов по болотоведению следует отметить обширные обзоры Зейдлица (1869, 1873) и Хельфрейха (1874), посвященные болотам Эстляндии и их осушению.

Осушение болот с лесоводческими целями почти не освещалось в печати того времени, хотя первые каналы в болотных лесах были вырыты на теперешней территории Эстонской ССР уже в середине XIX столетия. По данным М.Сиверса (1903), первое осушение лесов проводилось в Эстляндии начиная с 1840 года, в Лифляндии - с 1830 года. Единичные каналы были выкопаны еще раньше. Наиболее старые из известных нам канав вырыты на верховых болотах Эстонии примерно в 20-е годы XIX века.

Первые сводки о влиянии осушения на рост леса начали публиковаться в конце 70-ых годов прошлого века в издававшейся в Тарту газете "Baltische Wochenschrift". В на-

званном еженедельнике появилась научная статья Оствальда о влиянии осушения на прирост деревьев. В статье рижского городского лесничего Фриче давались, хотя и общие, но весьма толковые для того времени, советы по осушке лесных земель: предлагалось осушать болотные леса в более широких масштабах, а также строить лесные дороги; причем считалось более целесообразным окружать верховые болота канавами и использовать их, в основном, для заготовки торфа. В " *Baltische Wochenschrift* " постоянно публиковались отчеты заседаний Общества лесоводов.

С большим успехом работает по осушению лесов в окрестности Риги выдающийся лесовод того времени Э.Оствальд. В 90-годах XIX столетия появился в печати ряд его работ, где рассматривались также верховые болота и их облесение; хотя работы Э.Оствальда заслуживают полного признания, к ним все же следует относиться несколько критически, так как он, как и многие другие авторы того времени, под понятием верхового болота (*Nochmoore*) понимает, очевидно, также и переходное болото.

Что осушению лесов, страдающих от избыточной влажности, уделяется с каждым годом все больше внимания, подтверждает и создание в 1895 году при Прибалтийском лесном обществе (учреждено в 1867 году в Риге и переведено в 1890 году в Тарту) специальной секции мелиорации.

В первые годы настоящего столетия вопросы осушения лесных земель весьма остро ставятся на повестку дня Прибалтийского лесного общества. На собраниях общества возникают споры относительно осушения лесных земель, в особенности о возможностях лесохозяйственного использования верховых болот. В 1902 году была учреждена комиссия по разрешению вопросов осушения болот и болотных лесов, которая представила в следующем году свое мнение по этому поводу. В общем комиссия нашла, что осушка болот и болотных лесов должна себя оправдывать, но действительно ли это также в отношении верховых болот, в этом вопросе комиссия не пришла к единодушному решению.

Вопросы окупаемости лесосушительных работ были впервые более широко и наглядно освещены на происходившей на рубеже столетий 1У Прибалтийской сельскохозяйственной выставке. Были выставлены данные о влиянии осушки на производительность сфагновых ельников и сосняков.

Старая литература по использованию и исследованию эстонских болот была в основном на немецком языке.

На эстонском языке первая статья о болотах появилась в 1861 году. В этой небольшой статье пропагандируется использование болот под посевы и покосы и даются самые общие инструкции по копанию канав. Первая лесоводственная статья на эстонском языке о болотах была написана И.Сыгелем, она появилась в печати в 1896 году.

Освоение болот с каждым годом становилось интенсивнее. В этой связи в 1897 году в Тарту было учреждено Бюро мелиорации, которое явилось первым учреждением такого рода в царской России. При этом бюро, кроме прочих, было открыто и лесное отделение, хотя вопросы лесохозяйственного использования болот обсуждались главным образом в Прибалтийском лесном обществе.

В 1908 году в Тарту было основано Балтийское общество поощрения культуры болот, занимавшееся пропагандой освоения болот на научных основах. В 1910 году была основана опытная болотная станция в Тоома, которая оставалась в ведении Общества. В 1911 году в Тоома под руководством заведующего станцией А.Вегесакка были проведены первые в России опыты по осушению низинных болот.

В 1921 году прежнее Балтийское общество поощрения культуры болот было преобразовано в Эстляндское общество поощрения культуры болот, в ведении которого осталось также и руководство деятельностью опытной болотной станции "Тоома".

Мировую известность своими исследованиями по вопросам возникновения и развития болот, стратиграфии торфяных залежей и по истории лесов Эстонии в этот период приобрел работавший в буржуазной Эстонии палинолог и ботаник П.В. Томсон.

В немногих других статьях трактуются вопросы, связанные с заготовкой торфа, осушением болот и их сельскохозяйственным использованием, которые освещаются на основании литературных источников или личных наблюдений. Вопросы лесохозяйственного использования болот, и в особенности верховых болот, очень редко рассматривались в литературе того времени.

Более интенсивно и плодотворно развивалось болотоведение в Эстонии после восстановления в ней советской власти. Поскольку итоги работы, проделанной в этой области за данный период, неоднократно представлялись в виде отдельных сводок, автор настоящей диссертации на этом периоде не останавливается.

1У ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ В ЭСТОНИИ

1. Основные факторы, обуславливающие заболачивание

Возникновение процессов болотообразования и их интенсивность зависит от климатических, гидрологических, эдафических, фитоценологических, геологических и ряда других факторов. Хотя заболачивание и образование торфа зависит от совместного влияния весьма многих факторов, самым существенным из них все же является водный режим почвы.

Причины избыточной влажности почвы могут быть различными. В зависимости от конкретных природных условий, в комплексе факторов, вызывающих заболачивание, в одном случае более важны одни факторы, в ином - другие факторы. Образование болота всегда связано с специфической влаголюбивой растительностью, из отмирающих частей которой и образуется торф. С утолщением слоя торфа происходят изменения в почвенных условиях, почвенной фауне, гидрологическом и микроклиматическом режимах и фитоценозе. В связи с убыванием плодородия почвы в растительном покрове постепенно появляются все менее требовательные сообщества, из фито-

массы которых образуются всё более бедные питательными веществами торфяные почвы. В результате длительного процесса болотообразования, в качестве последней стадии развития болота, формируется верховое болото.

На ход и интенсивность процессов заболачивания сильно влияет климат. Прохладный и сырой климат, низкие летние температуры, большое количество осадков и малое испарение способствуют заболачиванию и образованию верховых болот. Климатические условия в Эстонской ССР благоприятны для образования болот.

При одинаковых климатических условиях заболачиваются более низинные участки в рельефе, где грунтовые воды ближе к поверхности и водный сток мал или практически отсутствует. В Эстонии наиболее частым первичным очагом заболачивания являлись водоразделы. В первую очередь заболачивались участки с малой проницаемостью подпочвы и почвенного покрова.

Хотя в геологически более молодой низменной части Эстонии процессы заболачивания начались позднее, чем в возвышенной части Эстонии, но из-за более благоприятных для образования болот природных условий заболоченность в низменной части Эстонии больше.

2. Характеристика, образование и развитие эстонских верховых болот по отдельным торфяным районам

Достаточная изученность распространения, размеров, типа залежи, стратиграфии, типа растительности и геологического развития эстонских болот позволила болотоведам Эстонского научно-исследовательского института земледелия и мелиорации регионально распределить болота Эстонии на восемь торфяных районов: I – район малых и средних низинных болот западной Эстонии, II – район больших и средних болот западной Эстонии, III – район больших верховых болот юго-западной Эстонии, IV – район малых верховых болот средней Эстонии,

У - район болот малой и средней величины Северо-Эстонского плато, У1 - район больших разнотипных болот Северо-Эстонской возвышенности, УП - район больших болот средней и восточной Эстонии и УШ - район небольших болот южно-эстонских возвышенностей. По данным Х.Курм, из всех болот Эстонии, изученных Эстонским научно-исследовательским институтом земледелия и мелиорации, верховые болота составляли в первом районе - 19%, во втором - 32%, в третьем - 65%, в четвертом - 84%, в пятом - 39%, в шестом - 26%, в седьмом - 32% и в восьмом - 35%. Самым большим и компактным массивом из верховых болот Эстонии является расположенное в Ш торфяном районе болото Куресоо, общая площадь которого равняется 11000 га, из которых 9600 га занимает верховое болото.

В диссертации приводятся характеристики верховых болот по отдельным торфяным районам. Из них видно, что преобладающая часть верховых болот Эстонии - это кустарничковые верховые болота с глубокой залежью олиготрофного торфа. Одна часть болот, достигших фазы развития верхового болота, возникла путем заторфовывания водоемов, другая образовалась в результате заболачивания минеральных земель (суши). Нередким явлением было распространение верхового болота из пределов заторфованного водоема на окружающие его земли. Если такого рода болота относить целиком к болотам, образовавшимся из водоемов, то можно считать, что в Эстонии меньше болот образовалось в результате заболачивания суши, чем путем заторфовывания водоемов. Из 49 палинологически исследованных болот, рассматриваемых в диссертации, в 27 болотах имеются озерные отложения, 20 болот образовались при заболачивании минеральных земель, относительно возникновения двух болот данные отсутствуют.

Верховые болота, образовавшиеся в результате заторфовывания водоемов, прошли стадии развития низинного болота и переходного болота. Первыми на озерных отложениях часто образуются торфы низинного типа, относящиеся к травяной и травяно-моховой группе. В тех частях верхового болота, ко-

торые находятся вне границ заторфованного водоема, на минеральном основании часто лежат торфы низинного типа моховой или травяной группы, которые содержат обыкновенно больше древесных остатков, чем торфы на озерных отложениях. Слой торфов переходного типа в таких верховых болотах обычно маломощный, что указывает на малую продолжительность стадии переходного болота.

Из стратиграфического строения болот видно, что открытые верховые болота, образовавшиеся из водоемов, в своем развитии, как правило, проходят следующие основные этапы: водоем → открытое низинное болото → лес на низинном болоте → лес на переходном болоте → верховое болото с сосняком → сосново-кустарничковое верховое болото → открытое верховое болото.

Верховые болота, образовавшиеся в результате заболачивания суши, можно на основании характера их образования и развития разделить на две группы. Верховые болота первой группы прошли стадию развития низинного болота, но во второй группе верховых болот низинный тип торфов отсутствует и они образованы в мезотрофных или олиготрофных условиях; в последнем случае болото образовалось на переувлажненном атмосферными осадками песке или глине. Такие болота, где торфяная залежь состоит только из торфов верхового типа, встречаются преимущественно на возвышенностях средней и северной Эстонии, но вообще в Эстонии их мало.

Образование торфов верхового типа на песке начинается в тех борах, где имеется образовавшийся в результате оподзоливания водонепроницаемый горизонт ортштейна. Образование заболачивающихся ортштейновых (рудяковых) площадей в Эстонии связано с лесными пожарами.

Из ортштейновых площадей в первую очередь заболачиваются те площади, где сток воды отсутствует и приток атмосферных вод в почву превышает испарение. Учитывая происходящие в современный период явления заболачивания боров и наличие различных стадий развития торфянистых верешатников, можно полагать, что развитие заболачивания от боров до вер-

ховых болот в общих чертах было следующим: боры низкого бонитета → верещатники, образовавшиеся в результате лесных пожаров → боры с меньшей продуктивностью, чем предыдущие → малоторфянистый верещатник, образовавшийся в результате гибели леса → сфагновый сосняк → торфянистый верещатник, образовавшийся после гибели леса → сфагновый сосняк или сосново-кустарничковое болото, которое с течением времени развивается в открытое верховое болото.

Образование торфов верхового типа на глинах также получает начало после лесных пожаров, на это указывают находящиеся в глубоких слоях торфяной залежи кусочки угля или даже тонкий слой угля. В некоторых случаях признаки пожара наблюдаются на различной глубине. Следует допустить, что образование и развитие этого типа верхового болота в общих чертах сходно с развитием верхового болота, образующегося на песке. По всей вероятности, последним, перед заболачиванием, типом леса был сосняк или ельник долгомошник, в травяно-кустарничковом ярусе которого были наиболее распространены черника, голубика, брусника и подбел; в моховом ярусе рос политрихум вместе с торфяными и лесными мхами. После пожара леса процессы заторфовывания становятся более интенсивными; в результате образуется маломощный слой торфа верхового типа, который в дальнейшем, при постепенном утолщении торфяной залежи, формируется в верховое болото.

У верховых болот, развившихся из низинных болот, продолжительность стадии развития низинного и переходного болота сильно варьирует. В первом, третьем, седьмом, восьмом и особенно в шестом торфяном районе эстонских болот, встречаются болота, образовавшиеся в пребореальном или же в начале бореального климатического периода, но образование торфа верхового типа началось только в суббореальном или субатлантическом периоде. Стадия развития низинного болота продолжалась в таких случаях 5000–7000 лет. Некоторые болота, находящиеся в юго-восточной Эстонии, образовались 8000–9000 лет назад и существуют поныне в виде низинных болот. Возраст низинного болота Куиксилла, определенный

C^{14} -методом, составляет 9350 ± 250 лет (ТА - 51). Такие болота, где накопление торфа низинного типа продолжалось недолго (только в течение нескольких фаз послеледниковых лесов), встречаются в Эстонии повсюду, но в общем их все же больше в северной и северо-западной Эстонии, чем в средней или южной Эстонии.

Образование болот верхового типа из низинного типа существенно зависит от скорости накопления торфа и от высоты поверхности болотного рельефа по отношению к окружающим землям. Образование торфов верхового типа начинается тогда, когда скорость прироста торфа постоянно превышает подъем евтрофных грунтовых вод. Стадии развития болота верхового типа быстрее достигают болота, окруженные малопродуктивными почвами.

3. Возраст эстонских болот и скорость прироста торфа

а) Методические вопросы

Возраст болот и скорость прироста торфа в различные климатические периоды чаще всего определялись с помощью палинологического метода. В Эстонии пионером в области палинологических исследований был выдающийся ботаник П.В.Томсон. Позднее палинологические исследования на болотах продолжили Л.Орвику, К.Вебер, Х.Кессель, Р.Мянниль, Р.Пиррус и ряд других исследователей. К.Вебер рассмотрел возраст болот Эстонии и скорость прироста торфа по отдельным климатическим периодам также в специальных, посвященных только этим вопросам, работах.

В настоящей работе мы старались определить среднюю скорость прироста торфа в отдельные фазы развития послеледниковых лесов, причем продолжительность этих фаз определялась на основании датировки радиоуглеродным методом. В качестве исходных данных для определения возраста эстонских болот

(в том числе верховых болот), а также и средней скорости прироста торфа, использовались спорово-пыльцевые диаграммы 49 болот. Во всех спорово-пыльцевых диаграммах границы пыльцевых зон определялись на едином основании, по Посту-Нильсону. В качестве стратиграфической схемы голоцена брали схему развития лесов Поста-Нильсона, так как эстонские палинологи ею вообще в последнее время пользуются. В тех спорово-пыльцевых диаграммах, где стратиграфическое подразделение не было точно маркировано, но где его было возможно провести, мы обозначили границы пыльцевых зон. На остальных диаграммах, где пределы пыльцевых зон уже были фиксированы, они были нами критически пересмотрены. Учитывались только границы тех зон, при выделении которых не возникало сомнений. При определении границ зоны мы основывались на средних показателях спорово-пыльцевых диаграмм или спектров Эстонии, составленных П.В.Томсоном, Л.Орвику и К.Вебером.

За слой торфа, образовавшегося в пребореальный климатический период (IX фаза развития лесов), мы считали ту часть торфяной залежи, где преобладали пыльца березы и относительно много было пыльцы сосны, но пыльца ели, ольхи, вяза, липы, дуба и лещины отсутствовала или встречалась случайно, в малом количестве. Пыльца древесных пород составляла больше 50% общего количества пыльцы и спор, пыльца травянистых растений до 10%.

В отложениях первой половины бореального периода (VIII фаза развития лесов) больше половины пыльцы древесных пород обыкновенно принадлежит сосне (здесь наблюдается кульминация распространения пыльцы сосны), пыльцы березы меньше. В VIII фазе в Эстонии начинают распространяться ольха, лещина и вяз, другие породы деревьев или отсутствовали, или же попадались случайно, в небольшом количестве.

Во вторую половину бореального климатического периода, во время VII фазы развития лесов, для отложений характерно уменьшение количества пыльцы сосны и увеличение количества пыльцы ольхи. Последнее П.В.Томсон объясняет распространением в Эстонии черной ольхи (*Alnus glutinosa*). В более

ранний период в Эстонии, по его мнению, росла преимущественно серая ольха (*Alnus incana*). Такая интерпретация все же спорна. По нашим данным, в VII фазу развития лесов климат был суше, чем непосредственно перед и после нее. Более сухой климат должен был скорее способствовать распространению серой, а не черной ольхи. В отложениях VII фазы количество пыльцы ольхи обыкновенно превышает 10%, в отложениях VIII фазы пыльцы ольхи меньше. Постоянно встречается в отложениях VII фазы пыльца лещины и вяза, а часто также и пыльца липы и ели.

В первую половину атлантического климатического периода в отложениях VI фазы развития лесов еще больше повысилось относительное количество пыльцевых зерен ольхи и лещины. В отложениях VI фазы количество пыльцы ольхи превышает 20%, у лещины оно выше 5%. В конце VI пыльцевой зоны или в начале V пыльцевой зоны может наблюдаться максимум распространения пыльцы вяза.

Во второй половине атлантического климатического периода в отложениях V фазы развития лесов обыкновенно наблюдается максимум распространения пыльцы широколиственных пород и липы и минимум пыльцы сосны. Достаточно часто встречается также абсолютный максимум ольхи, дуба, вяза и лещины. Количество пыльцы ели увеличено, оно часто превышает 5%.

В первую половину суббореального климатического периода в отложениях IV фазы развития лесов повышается удельный вес пыльцы ели и уменьшается значение пыльцы широколиственных пород и лещины. В зависимости от локальных условий, максимум пыльцы дуба встречается в IV или же в V зонах. В IV зоне пыльцевые зерна ели составляют больше 10%, в V зоне пыльцы ели было обычно меньше.

Во вторую половину суббореального климатического периода в отложениях III фазы развития лесов резко повышается количество пыльцы ели, достигая своего первого максимума. Количество пыльцы широколиственных пород, ольхи и лещины, по сравнению с отложениями атлантического климатического

периода, приблизительно в два раза меньше,

В начале субатлантического периода, во II фазе развития лесов, в отложениях резко падает количество пыльцы ели и повышается в некоторой мере количество пыльцы ольхи. По сравнению с III пыльцевой зоной во II пыльцевой зоне пыльцы ели почти вдвое меньше.

В отложениях I^b фазы развития лесов вновь резко повышается количество пыльцы ели, достигая второго максимума своего распространения, приблизительно равного по величине первому максимуму. Количество пыльцы других древесных пород (обычно кроме сосны) снижается.

За слой торфа, образовавшегося в I^a фазу развития лесов субатлантического климатического периода, мы считаем ту поверхностную часть торфяной залежи, где количество пыльцы ели вновь существенно снизилось, а количество пыльцы сосны, часто также и березы, увеличилось.

Точное маркирование пыльцевых зон в спорово-пыльцевых диаграммах не всегда возможно из-за различных причин. Можно полагать, что достаточно заметное отличие некоторых диаграмм от средней спорово-пыльцевой диаграммы Эстонии объясняется недостаточной частотой пунктов анализа. В тех слоях торфа, где прирост торфа происходил очень медленно, при малой плотности анализов (большие расстояния между пунктами анализа) ими не были охвачены все пыльцевые зоны, в результате чего спорово-пыльцевые диаграммы оказались до некоторой степени нетипичными.

На оседание пыльцы и формирование спектра в значительной мере влияли существовавшие в лесных фитоценозах локальные различия. Как в настоящем периоде, так и в прошедшие времена, на расположенных относительно близко участках могли одновременно существовать многие типы леса разного видового состава. Результаты исследований показывают, что в современных различающихся растительных сообществах может оседать пыльца различного видового состава и что локальные различия влияют на формирование пыльцевого спектра. Это можно перенести и в прошлое. Так, например, под ельником

могла оседать пыльца другого состава, чем под сосняком, березняком или под открытым болотом. Все это затрудняет маркирование пыльцевых зон на едином основании.

По нашему мнению, следует в дальнейшем лучше изучить в современных лесах влияние видового состава леса на формирование спорово-пыльцевого спектра, а с целью более достоверного, чем до сих пор, маркирования пыльцевых зон пользоваться математически-статистическими методами.

Несмотря на некоторые недостатки палинологического метода исследования, он дает, на наш взгляд, возможность, в том случае, когда известна продолжительность фаз развития лесов, определить с достаточной достоверностью возраст болот и скорость прироста торфа.

- б) Мощность торфяных отложений, образовавшихся в разных фазах развития послеледниковых лесов и в разные климатические периоды

Средняя мощность торфяных слоев, образовавшихся в эстонских болотах в различные фазы развития лесов и в разные климатические периоды, была вычислена на основании спорово-пыльцевых диаграмм 49 болот. Для нахождения средней мощности торфяного слоя, отложившегося в течение фазы, в каждой диаграмме учитывались только те пыльцевые зоны, точность определения которых не вызывает сомнений.

Судя по просмотренным нами спорово-пыльцевым диаграммам, заболачивание минеральных земель (суши) и заторфовывание водоемов началось в Эстонии более или менее одновременно (в пребореальном климатическом периоде) и продолжается непрерывно до настоящего дня. В первой половине бореального климатического периода (VIII фаза) образование новых болот несколько уменьшилось, особенно резко снизился процесс образования болот во второй половине этого периода (VII фаза). В атлантический климатический период процесс образования болот становится вновь интенсивнее. Условия для образования

болот во время VII фазы развития лесов должны были быть менее благоприятными, чем непосредственно до и после этой фазы.

Накопление торфов верхового типа впервые происходит в Эстонии в первую половину атлантического периода, во время VI фазы развития лесов. В это время образовалось 11 из рассмотренных нами 38 верховых болот. По всей вероятности, весьма резкая смена грунтового питания растительности болот атмосферным питанием, в результате которого началось образование торфа верхового типа, была вызвана резкими изменениями природных условий в начале атлантического периода. В Финляндии образование верховых болот также началось в атлантический климатический период. Возможно, что в то время, когда имело место изменение стадии Балтийского моря (Анциловое озеро сменилось Литориновым морем), в Финляндии и Эстонии снизился уровень грунтовых вод. Вследствие обильных осадков у части болот грунтовое питание могло замениться атмосферным питанием. Можно предполагать, что при переходе атлантического климатического периода в суббореальный произошло новое кратковременное падение уровня грунтовых вод. О понижении уровня грунтовых вод во время IV фазы развития лесов говорят и следующие обстоятельства: 1) проведенные Р.Мянниль при Институте геологии АН Эстонской ССР исследования показывают, что уровень воды в озерах Эстонии в IV фазе развития лесов понизился и 2) в то же время в Эстонии начался достаточно заметный подъем распространения ели. Поскольку ель чувствительна в отношении изменения уровня грунтовых вод (после осушения более плодородных болотных и заболоченных лесов значение ели в составе этих лесов заметно увеличивается, а при заболачивании и повышении уровня грунтовых вод, наоборот, быстро снижается), вполне вероятно, что подъем в распространении ели был обусловлен предшествовавшим падением уровня грунтовых вод. По нашему мнению, именно в связи с падением уровня грунтовых вод в IV фазу развития лесов у нас началось массовое распространение ельников, достигшее затем в III фазе максимума. По всей вероятно-

сти, в середине III фазы уровень грунтовых вод, главным образом из-за обилия осадков, вновь повысился, в результате этого повысилась интенсивность процессов заболачивания и уменьшилось значение ели в составе эстонских лесов.

Обзор средней толщины торфяного слоя, образовавшегося в разные фазы развития лесов, в разные климатические периоды, дается в табл. 2.

Таблица 2

Средняя толщина торфяного слоя (см), образовавшегося на болотах Эстонии в различные фазы развития лесов и в разные климатические периоды

Фаза и климатический период	Арифметическое среднее $(\bar{x})$ см	Средняя ошибка $(\pm \frac{s}{\sqrt{n}})$ см	Коэффициент вариации %
I ^a	107	10,3	59
I ^b	75	6,7	56
II	61	4,7	48
III	71	7,5	68
IV	49	5,6	69
V	62	6,4	57
VI	54	6,7	66
VII	35	3,2	44
VIII	55	5,6	46
Субатлантический	236	16,1	45
Суббореальный	117	9,2	48
Атлантический	114	10,4	48
Бореальный	92	8,1	40
Пребореальный IX	68	-	-

Из данных табл. 2 видно, что в приросте торфа в течение одной и той же фазы между отдельными болотами наблюдались большие различия. То, что в одно и то же время прирост

торфа в одном болоте происходит быстрее, а в другом — медленнее, объясняется своеобразием условий образования торфа на каждом отдельном болоте. Местные природные условия (рельеф, условия водного стока и др.) оказывали на прирост торфа очень большое влияние.

На прирост торфа воздействовал и общий климатический фон послеледникового периода. Можно предполагать, что чем более прохладным и влажным был климат, чем ниже была температура вегетационного периода и чем больше выпадало осадков, тем выше была скорость прироста торфа и тем благоприятнее для образования верховых болот были условия.

Так как фазы развития лесов, по всей вероятности, в известной мере отражают изменения климата, целесообразно рассмотреть годичный средний прирост торфа по фазам развития лесов; это даст возможность в известных пределах выяснить изменения климата в послеледниковый период. Чтобы определить по фазам развития голоценовых лесов средний годичный прирост торфа, надо знать продолжительность этих фаз.

- в) Продолжительность фаз развития послеледниковых лесов и климатических периодов. Скорость прироста торфа по отдельным фазам развития лесов

Хронологические данные относительно стратиграфического подразделения болотных отложений в Эстонии в голоцене впервые были представлены П.В.Томсоном (1929). Позднее (в основном по литературным данным) стратиграфическое подразделение голоцена Эстонии связали с хронологией К.Вебер, К.Орвику, Х.Кессель и Л.Лаасимер. Все составленные этими авторами схемы были сравнительно общего характера, и определить на их основании продолжительность фаз развития лесов не представляется возможным.

Для определения продолжительности фаз развития голоценовых лесов нами была выработана, совместно с Э.Ильвесом (из лаборатории геобиохимии Института зоологии и ботаники

АН Эстонской ССР), специальная методика, которая дает возможность определять возраст торфа радиоуглеродным методом именно на тех уровнях торфяной залежи, где располагаются стратиграфические границы. Для этого мы сочли, прежде всего, необходимым выяснить такие болота, где уже имеется или же где возможно выкопать до минерального грунта шурф, из вертикальной стены которого можно было бы вручную брать образцы торфа для определения их абсолютного возраста, для палинологического и ботанического анализа. Были выбраны низинное болото Куйксилла в юго-восточной Эстонии и верховое болото Теосааре в средней Эстонии. На этих двух болотах из тщательно очищенной вертикальной стены шурфа, на всем ее протяжении, начиная от поверхности земли и до минерального грунта, вырезались прямоугольные пластинки торфа, толщиной в 5 см. Из середины каждой пластинки торфа вырезались для спорово-пыльцевого анализа пробы толщиной в 1-1,5 см; остальная часть каждой пластинки торфа запаковывалась в мешок из пластика и сохранялась для ботанического анализа, а также для определения абсолютного возраста торфа. При взятии проб учитывали, что чем тоньше слой торфа, взятый для датировки, и чем чаще пункты проведения палинологического анализа, тем более точно можно определить стратиграфические границы.

Описанная методика отбора образцов позволила провести спорово-пыльцевой анализ и определить абсолютный возраст торфа через каждые 5 см по всему разрезу шурфа. Границы, разделяющие отдельные пыльцевые зоны, были определены при помощи палинологического метода с точностью до $\pm 2,5$ см. На тех уровнях торфяной залежи, где располагаются стратиграфические границы, спорово-пыльцевой анализ проводился через каждые 5 см. В качестве стратиграфической схемы голоцена использовалась схема развития лесов Поста-Нильсона. На основании спорово-пыльцевых диаграмм были отобраны для определения абсолютного возраста те образцы торфа, которые находились на уровне стратиграфических границ. В тех случаях, когда эти границы проходили по рубежу между смежными

образцами (пластинками), определялся возраст нижнего образца. В последнем случае результаты датировки на столько лет были больше действительного возраста стратиграфических зон, сколько лет пошло на образование торфяного слоя толщиной в 2,5 см. Для датировки потому именно и избирался нижний образец торфа, чтобы определять приблизительно время изменения климата; так как изменения в климате должны были предшествовать изменениям в видовом составе лесов (вероятно смена фаз развития лесов обусловлена предварительным изменением климата), датировка нижнего образца более точно показывает время изменения климатических условий, чем датировка верхнего образца.

Спорово-пыльцевой анализ и определение (маркирование) стратиграфических подразделений выполнены в Институте геологии АН ЭССР; датировка 24 образцов торфа радиоуглеродным методом проведена Э.Ильвесом в лаборатории геобиохимии Института зоологии и ботаники АН ЭССР, причем при вычислениях использовалось значение полураспада C^{14} 5568 $\pm$ 30 лет; за начало летоисчисления был принят 1950 г.

На основании датировки торфяных образцов из болот Куйк-силла и Теосааре продолжительность фаз развития голоценовых лесов (фазы по Посту-Нильсону) можно считать следующей:

I^a - 1200 л., I^b - 500 л., II - 1500 л., III - 800 л., IV - 700 л., V - 1100 л., VI - 800 л., VII - 1200 л. и VIII - 1300 л. Приведенные выше даты следует считать предварительными, они нуждаются в дальнейшем уточнении при новых датировках.

Большинство датировок, полученных по материалам Куйк-силла и Теосааре, в общих чертах согласуются с данными других исследователей (Нейштадт, Nilsson, Sorsa, Vasari, Feyling-Hanssen). Наибольшая (почти тысячелетняя) разница в возрасте выявилась между VIII и VII и между VII и VI фазами развития лесов.

Существенное различие в продолжительности климатических периодов (по Блитту-Сернандеру) между эстонскими данными и данными названных выше авторов отпало бы, если бы мы

отнесли VII фазу развития лесов к атлантическому периоду. Наши данные, однако, подтверждают, что VI и VII фазы нельзя считать принадлежащими к одному и тому же климатическому периоду, поскольку средний годичный прирост торфа во время VII фазы в два раза меньше, чем во время VI фазы.

Базируясь на данных, приведенных в таблице 2, относительно средней толщины торфяного слоя, отложившегося в отдельные фазы развития голоценовых лесов, а также на датировках Куйксилла и Теосааре, мы высчитали для каждой фазы средний годичный прирост торфа; соответствующие данные представлены в таблице 3.

Как это видно из таблицы 3, скорость прироста торфа в разные фазы развития лесов одного и того же климатического периода может значительно различаться. Достаточно существенные различия в скорости среднего годичного прироста торфа между отдельными фазами развития лесов, относящихся к одному климатическому периоду (особенно в субатлантическом и суббореальном климатических периодах), сглаживаются при вычислении средних климатического периода. Отсюда ясно, что данные о скорости среднего годичного прироста торфа, вычисленные по фазам развития лесов, дают возможность лучше объяснить изменения, происходившие в природных условиях в голоцене, чем данные о среднем приросте торфа, вычисленные по климатическим периодам. Если предположить, что чем больше выпадало осадков и чем прохладнее был вегетационный период, тем выше была скорость прироста торфа и интенсивнее процессы образования болот, то, интерпретируя таким образом наши данные, можно прийти к следующим выводам:

а) Особенно благоприятные условия для накопления торфа существовали в Эстонии в течение пребореального климатического периода. В это время образовалось довольно много болот.

б) В первую половину бореального периода, во время VIII фазы развития лесов (7800-9100 лет назад), скорость прироста торфа в некоторой мере снизилась.

Таблица 3

Средний годичный прирост торфа (мм) на болотах Эстонии по фазам развития лесов и по климатическим периодам

Фаза и климатический период	Арифметическое среднее ($\bar{x}$) мм	Средняя ошибка ($\pm \frac{s}{\sqrt{n}}$) мм	Коэффициент вариации %
I ^a	0,86	0,08	60
I ^b	1,50	0,13	53
II	0,42	0,03	49
III	0,92	0,09	60
IV	0,66	0,07	67
V	0,60	0,06	54
VI	0,69	0,08	63
VII	0,29	0,02	38
VIII	0,43	0,04	42
Субатлантический	0,75	0,05	45
Суббореальный	0,80	0,06	46
Атлантический	0,59	0,06	53
Бореальный	0,36	0,03	39
Пребореальный IX	0,68	-	-

Во вторую половину бореального периода, во время VII фазы развития лесов (6600-7800 лет назад), интенсивность процесса образования болот резко падает и скорость прироста торфа еще больше снижается. В продолжение всего послеледникового периода у нас не было другой такой фазы развития лесов, где природные условия были бы настолько неблагоприятны для образования торфа, как во время VII фазы. Учитывая также и то обстоятельство, что в это время

у нас начинают распространяться широколиственные леса, можно допустить, что вегетационные периоды того времени должны были быть и теплее и значительно беднее осадками, чем современные.

в) В первую половину атлантического периода, во время VI фазы развития лесов (5800–6600 лет назад), вновь повышается интенсивность процесса образования болот и возрастает скорость прироста торфа, впервые начинается накопление торфов верхового типа, а на некоторых болотах вероятно также и образование вторичных озерков. Климат Эстонии в этот период по-прежнему теплый, но обильный осадками.

Во вторую половину атлантического периода, во время V фазы развития лесов, образуется меньше верховых болот и скорость прироста торфа, по сравнению с первой половиной периода, несколько замедляется. Можно предположить, что климат в Эстонии в течение V фазы (4700–5900 лет назад) был более аридным, чем во время VI фазы, однако различия были не велики. Климат Эстонии в атлантическом периоде был значительно теплее современного.

г) В первую половину суббореального климатического периода, во время IV фазы развития лесов (4000–4700 лет назад), природные условия для накопления торфа и образования новых верховых болот, по сравнению с предыдущей фазой, по-видимому, существенно не изменились. Скорость прироста торфа оставалась приблизительно на том же уровне, что и в течение предыдущей фазы.

Во вторую половину суббореального периода, во время III фазы развития лесов (3200–4000 лет назад), возросла скорость прироста торфа, ускорилось образование новых верховых болот. Осадков в III фазе должно было быть больше (особенно в конце фазы), чем в продолжении II и IV фаз.

д) В первую половину субатлантического климатического периода, во время II фазы развития лесов (1700–3200 лет назад), природные условия в Эстонии должны были сильно измениться. Скорость накопления торфа была невелика, приближаясь к скорости бореального периода.

При переходе от II фазы к I^b фазе природные условия образования торфа в Эстонии должны были вновь резко измениться, климат в течение I^b фазы (1200-1700 лет назад) был, очевидно, влажный и обильный осадками. В течение всего голоцена не существовало ни одной фазы, где бы скорость накопления торфа была выше, чем в I^b фазе. Надо полагать, что в продолжение I^b фазы на верховых болотах Эстонии образовалось множество мелководных вторичных озерков. Не исключена, однако, возможность, что продолжительность I^b фазы (500 лет), установленную только по датировке образцов из верхового болота Теосааре, в дальнейшем (при новых датировках) будет необходимо несколько корректировать, она может удлиниться, что, в свою очередь, означает уменьшение скорости прироста торфа в этот период.

В течение I^a фазы скорость прироста торфа, по сравнению с предыдущей фазой, уменьшилась. Это следует объяснить улучшением климатических условий в течение последнего тысячелетия. В настоящее время снижение скорости прироста торфа и образования новых верховых болот обусловлены деятельностью человека.

V ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА. ФАУНА ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЭСТОНИИ

Растительность верховых болот изучалась главным образом в геоботаническом аспекте. В Советском Союзе целый ряд трудов Р.И.Аболина, В.Н.Сукачева, В.С.Доктуровского, Д.А.Герасимова, Н.Я.Каца, И.Д.Богдановской-Гиенэф, Е.А.Галкиной, С.Н.Тюремнова, Н.И.Пьявченко и других посвящен этому вопросу. Из ученых, исследовавших растительный покров эстонских верховых болот, следует выдвинуть И.Паасио, Л.Лаасимер и особенно В.Мазинга, наиболее основательно исследовавшего растительность наших верховых болот.

1. Типы эстонских верховых болот

Природное разнообразие эстонских верховых болот весьма велико, поэтому они обладают и неодинаковой лесохозяйственной ценностью. Одни из них труднее поддаются осушению и обработке, другие - легче. Результаты осушения сфагновых сосняков также не одинаково. Опыт, полученный в Эстонии, также как и литературные данные, показывает, что в одном случае осушение сфагновых сосняков на верховых болотах дает удовлетворительные результаты, в другом случае - результаты неудовлетворительные. По-видимому, все дело заключается в том, что почвы верховых болот различны по своему плодородию. Вследствие этого для лесохозяйственного использования болот их необходимо типизировать.

По рельефу и растительному покрову верховые болота Эстонии делятся на две группы: болота западного типа и болота восточного типа. Это различие впервые было зафиксировано в конце прошлого века А.Фоминим. Позднее такое деление нашло подтверждение и уточнение в работах многих ученых (Thomson, Oswald, Lippmaa, Paasio, Laasimer, Masing и др.). Однако с точки зрения лесохозяйственного пользования, деление верховых болот на западные и восточные не имеет значения.

Рост деревьев в большой мере зависит от плодородия того слоя почвы, в который проникают их корни. Таким слоем на верховом болоте является поверхностный слой торфа, толщиной в 0,5 м, который после осушки становится основной питательной базой для деревьев. На основании различий в составе, строении и толщине торфа верховые болота можно подразделить на три типа лесорастительных условий: а) обычные верховые болота, б) верховые болота переходного типа и в) торфянистые верещатники. Все эти типы местопроизрастаний по характеру растительного покрова могут быть трудно различимы друг от друга.

К обычным верховым болотам относятся те болота, где толщина слоя олиготрофного торфа превышает 50 см; в случае

более тонкого слоя очеса (независимо от типичной для верхового болота растительности) мы имеем дело с местопроизрастанием верхового болота переходного типа или торфянистого верещатника.

На верховом болоте обычного типа поверхностный слой торфа толщиной в 20-25 см более плодороден, чем нижний слой торфа; а на верховом болоте переходного типа и на торфянистом верещатнике они располагаются в обратном порядке. В типах местопроизрастаний, названных последними, содержание золы, азота, фосфора и кальция в торфяном слое на глубине 20-50 см значительно выше, чем в поверхностном слое.

Торфянистый верещатник образовался в результате заболачивания сухого верещатника (бора). Мощность слоя торфа здесь обычно ниже 0,5 м, реже она достигает 1 м.

Верховое болото переходного типа является первой стадией развития верхового болота, оно только недавно образовалось из переходного болота. Верхний слой торфа, толщиной в 50 см, состоит здесь из двух различных слоев: из поверхностного олиготрофного и из нижнего более плодородного слоя торфа.

Судя по содержанию питательных веществ в поверхностном слое торфа, верховые болота переходного типа и торфянистые верещатники более пригодны для лесохозяйственного использования, чем верховые болота обычного типа. Однако последний тип местопроизрастаний в Эстонии широко распространен, занимая большую площадь, в то время как площадь верховых болот переходного типа и торфянистых верещатников незначительна.

Верховые болота с мощным слоем олиготрофного торфа также имеют неодинаковую лесохозяйственную ценность. Чтобы выяснить пригодность для лесохозяйственного использования верховых болот обычного типа, необходимо подразделить их по характеру растительного покрова. По растительному покрову (не учитывая древостоя) болота можно подразделить на пять типов: а) кустарничковое верховое болото, б) травяное, в) моховое, г) мочажинное и д) верховое болото с озерками. В первом типе господствуют кустарничковые растения, во вто-

ром - травянистые, в третьем - сфагновые, в четвертом имеется много мочажин и в пятом - много озерков (с соответствующими растительными сообществами). Все эти типы часто переплетаются, смешиваются, вследствие чего встречается много различных их вариантов (табл. 4).

Большинство эстонских верховых болот относится к кустарничковому типу. По сравнению с другими типами болот, более обосновано лесохозяйственное использование кустарничкового типа болот. В торфе болот кустарничкового типа запасов важнейших питательных элементов больше, чем в торфе других типов верховых болот.

В зависимости от роста деревьев и их числа верховые болота следует разделить на три группы: а) болото с сосняком, б) сосново-кустарничковое болото, в) открытое или безлесное болото.

2. Растения верхового болота как эдификаторы и индикаторы, и их экологическая характеристика

Из-за своеобразия эдафических, гидрологических и климатических факторов на верховых болотах господствуют такие экологические условия, которые могут выдержать только очень немногие виды растений. Поэтому, естественно, флора верхового болота бедна по видовому составу. На эстонских верховых болотах произрастает всего несколько сот видов растений, среди них лишайников - около 50 видов и водорослей больше 80 видов. Часто встречающихся покрытосеменных и голосеменных растений насчитывается всего лишь несколько десятков видов. Приблизительно столько же встречается сфагновых мхов и настоящих листовых мхов.

Господствующие на верховых болотах специфические экологические условия влияют на рост и строение растений. Верховые болота во много раз моложе, чем растущие на них растения; поэтому не представляется возможным объяснять строение растений верхового болота только их адаптацией к

Подразделение восточных верховых болот по характеру растительного покрова

Таблица 4

Тип и вариант растительности	Частота встречаемости	Осушаемость	Тип лесорастительных условий
<u>Кустарничковое верховое болото</u>			
Моховое кустарничковое	часто	удовлетворительная	верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа, торфянистый вересчатик
Травяно-кустарничковое	" "	" "	верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа
Мочажинно-кустарничковое	" "	" "	верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа
Кустарничковое с озерками	редко	плохая	верховое болото обычного типа
<u>Травяное верховое болото</u>			
Кустарничково-травянистое	средняя	удовлетворительная	верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа
Моховое-травянистое	" "	" "	верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа
Мочажинно-травянистое	" "	" "	верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа
<u>Моховое верховое болото</u>			
Кустарничково-моховое	редко	плохая	верховое болото обычного типа
Травяно-моховое	" "	" "	верховое болото обычного типа
Мочажинно-моховое	" "	" "	верховое болото обычного типа
<u>Мочажинное верховое болото</u>			
Кустарничково-мочажинное	средняя	плохая	верховое болото обычного типа
Травяно-мочажинное	" "	" "	верховое болото обычного типа
Мочажинное с озерками	редко	" "	верховое болото обычного типа
<u>Верховое болото с озерками</u>			
Кустарничково-озерковое	редко	плохая	верховое болото обычного типа
Мочажинно-озерковое	" "	" "	верховое болото обычного типа

условиям существования на верховых болотах. Так как первые верховые болота образовались в Эстонии приблизительно 6500 лет назад, то о специфических растениях верхового болота мы можем говорить лишь условно. Растения, произрастающие на верховом болоте, заселили его на самом последнем этапе своего филогенетического развития.

а) Растения мохового яруса и их прирост

На верховом болоте чаще всего распространены и обладают самым большим покрытием сфагновые мхи, одна часть которых сильные эдификаторы. Сфагновые мхи являются важнейшими видами при образовании торфа.

Наши данные показывают, что годичный прирост в высоту важнейших сфагновых мхов, образующих в Эстонии торфы верхового типа, следующий: *Sphagnum fuscum* - 0,5-1,8 см, *S. magellanicum* - 1,1-3,0 см, *S. angustifolium* - 2,1-3,0 см, *S. balticum* - 2,0-2,5 см, *S. cuspidatum* - 4,0-6,5 см. Согласно нашим подсчетам, на эстонских открытых и сосново-кустарничковых верховых болотах средний годичный прирост образует, в зависимости от местопроизрастания, 3-5 тонн сухого торфа на 1 га; толщина торфяной залежи увеличилась в течение 20 лет на 20-35 см, в течение 30-40 лет на 30-45 см, в течение 40-60 лет на 35-55 см и за 100 лет она увеличилась до 70 см. Вследствие осадки торфа, его прирост тем меньше, чем за больший период времени он вычисляется.

В результате прироста в высоту сфагновых мхов и постоянного накопления торфа повышается постепенно и уровень грунтовой воды, а корневые шейки деревьев все больше и больше погружаются в торф и грунтовую воду. Чем быстрее происходит линейный прирост мхов, тем худшие условия создаются для роста деревьев. При лесохозяйственной эксплуатации открытых верховых болот необходимо пользоваться способами, уничтожающими сфагновые мхи или же в заметной мере ограничивающими их прирост. Гибельное влияние осушения и сланце-

вой воды на сфагновые мхи обнаруживалось на наших опытных участках повсюду; то же самое подтверждается и литературными данными.

При малой скорости нарастания сфагновые мхи могут стимулировать прорастание семян древесных пород и естественное возобновление. Сфагновый покров на верховом болоте тормозит возобновление деревьев в том случае, если энергично и быстро растущий сфагнум покроет попавшие на поверхность земли семена древесных пород и их всходы.

В диссертации дается краткая характеристика важнейших растений мохового яруса, растущих на верховом болоте (*Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium*, *S. balticum*, *S. acutifolium*, *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum undulatum*, *Cladonia* sp.), и их свойств как эдификаторов и индикаторов.

б) Растения травяно-кустарничкового яруса

Кратко характеризуются следующие растения этого яруса: *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*, *Chamaedaphne calyculata* (отсутствует на верховых болотах западной Эстонии), *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus quadripetalus* (в Эстонии клюква дает самый большой урожай ягод на влажных более плодородных торфяных почвах открытых верховых болот переходного типа и на переходных болотах), *Andromeda polifolia*, *Myrica gale* (характерна для верховых болот переходного типа), *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum austriacum* (отсутствует на верховых болотах восточной Эстонии), *Rubus chamaemorus*, *Phragmites communis* (характерен для верховых болот переходного типа), *Molinia coerulea* (встречается только на верховых болотах переходного типа), *Drosera rotundifolia*, *Rhynchospora alba* и *Scheuchzeria palustris*.

в) Деревья и кустарники, растущие на
верховых болотах

На верховом болоте мало пород деревьев и кустарников. Из древесных пород более широко распространена только сосна обыкновенная. На гарях и по краям, в проточных частях верховых болот, произрастает также береза; в большинстве случаев это береза пушистая, береза бородавчатая попадается реже. В редких случаях на верховом болоте растет также ель с множеством засохших веток и сильно пожелтевшей хвоей, она едва достигает здесь полуметровой высоты. Еще реже можно встретить здесь осину, рябину, крушину ломкую и можжевельник; осина и рябина бывают представлены только в виде молодых деревцев по краям верховых болот. По краям, а также и в других частях верховых болот, где имеются подвижные воды, растут молодые ивы: ива пепельная, ива чернеющая, ива розмаринолистная, ива лопарская, ива черничная, ива синевато-серая, ива пятиччинковая и ива ушастая. В проточных частях верховых болот сравнительно часто растет карликовая береза. На островах Западной Эстонии береза карликовая отсутствует. Все встречающиеся на верховых болотах породы деревьев и кустарников могут произрастать и в других местопроизрастаниях.

Обогащение дендрофлоры наших верховых болот новыми видами весьма сложно. В других географических районах на верховых болотах также мало пород деревьев.

В лесоводственном отношении самой важной древесной породой на верховом болоте является сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.); произрастая на верховом болоте, она становится низкорослой и здесь она известна под названием *P. silvestris* var. *nana* Pallas или же var. *turfosa* Woerl. Благодаря своеобразной форме, болотная сосна уже давно привлекает внимание ученых. Она описана В.Н.Сукачевым, Р.И.Аболиным, В.С.Доктуровским, М.И.Нейштадтом, А.Л.Кощеевым, И.Ф.Ларгиным, Е.А.Романовой, С.Э.Вомперским, Л.Н.Згуровской и другими. В описаниях болотной сосны подчеркивается ее плохой рост, кривой ствол, большая сучковатость, отсутствие

главного корня и короткая хвоя. Многие авторы отмечают недолговечность болотной сосны. По Р.И.Аболину ее век не превышает 150 лет. Правильность этого утверждения можно оспаривать. Мы не стремились специально отыскивать старье деревья, однако нам часто попадались модельные деревья, возраст которых превышал 200 лет; в одном случае мы нашли даже 310-летнюю болотную сосну (ф.Литвинова).

При ближайшем рассмотрении у сосны на верховом болоте обнаруживаются характерные признаки, не встречающиеся у сосен, произрастающих на суше. Такими характерными признаками являются у нее искривление корневой шейки и поверхностно-боковая корневая система; большая часть ее корней располагается в поверхностном 20-сантиметровом торфяном слое.

В диссертации дается обзор форм сосны, произрастающей на верховых болотах Эстонии (*f. uliginosa* Abolin, *f. Litwinowi* Sukacz., *f. Willkommii* Sukacz., *f. pumila* Abolin, *f. sphagnicola* Rupr.), и их описание.

Считается, что в таксономическом отношении болотную сосну следует рассматривать как почвенный экотип сосны обыкновенной. Чем ниже плодородие почвы верхового болота, тем хуже рост болотной сосны.

3. О наследственных свойствах болотной сосны

Среди некоторых лесоводов распространен взгляд, что особенности роста деревьев, обусловленные типом леса и бонитетом материнского насаждения, передаются по наследству. Предполагается, что для своего роста насаждения требуют тех же самых почвенно-экологических условий, какие были в материнских насаждениях. Рекомендуются собирать семена по типам леса или по группам типов леса и, закладывая лесные культуры, учитывать соответствие природных условий в местопроизрастаниях будущих культур с условиями в местах происхождения посевного материала. Было само собой понятно, что шишек болотной сосны собирать не следует, так как она обладает плохими наследственными свойствами.

В лесоводственной литературе приводятся данные о том, что культуры, происходящие из семян болотной сосны, растут хуже культур, материнские насаждения которых росли на более плодородных почвах; авторы этих работ придерживаются той точки зрения, что тип леса и бонитет материнского насаждения настолько сильно влияют на рост последующего поколения леса, что это необходимо учитывать при создании культур. К сожалению, не все из этих работ заслуживает доверия вполне.

Но в литературе имеются также данные, из которых видно, что у болотной сосны нет специфических плохих наследственных свойств. Многими авторами приводятся примеры изменения свойств болотной сосны, происходящих вслед за осушением болота.

С целью сбора дополнительного материала для выяснения наследственных свойств болотной сосны Эстонская научно-исследовательская лаборатория лесоводства обратилась ко всем лесничествам Эстонской ССР. На основании опросных анкет было выяснено месторасположение 11 культур болотной сосны. В 1964 году осенью были обследованы все эти культуры, а также те болота, откуда были собраны семена. Выяснилось, что в восьми случаях семена сосны были собраны на верховых болотах, а в трех случаях — в сосняках переходных болот.

Из обзора культур, происходящих из семян сосен верхового болота, создается впечатление, что болотная сосна не имеет специфических плохих наследственных свойств и признаков (медленный рост, кривой ствол). Рост у потомков болотной сосны зависит, прежде всего, от степени плодородности почвы, на которой они растут. В двух случаях из восьми культуры обладали интенсивным ростом в высоту, но более толстыми, чем нормальные, боковыми сучьями. Однако в обоих этих случаях оказалось, что это было вызвано избыточно плодородной для сосны почвой.

Вопрос, так ли сильно влияют на наследственность деревьев тип условий местопроизрастания и бонитет материнского насаждения, чтобы это следовало бы обязательно учитывать при закладке культур, нуждается в дальнейшем, более тщательном изучении.

Мы полагаем, что локальные эдафически-гидрологические условия не так легко влияют на наследственность сосны. Тот факт, что в различных географических районах произрастают разные расы сосны с различными наследственными свойствами (Самофал, Фомин, Обновленский, Правдин, Muiste и многие другие), можно объяснить различиями в климатических условиях (особенно в фотопериодизме). Так, в небольшой стране, какой является Эстонская ССР, фотопериодизм повсюду и во всех типах лесорастительных условий более или менее одинаков.

4. Об изменении растительного покрова верховых болот под влиянием деятельности человека

Лесоводственное освоение открытых верховых болот, связанное с осушением, обработкой и удобрением почв, а часто также с обжиганием этих болот, оказывает влияние на их растительный покров. Так как растительность в известной мере характеризует условия возобновления и роста леса, она служит одним из показателей, на основании которого можно судить об эффективности проведенных лесохозяйственных мероприятий.

В диссертации рассматриваются изменения, происходящие в растительном покрове верхового болота (с мощным слоем олиготрофного торфа) под влиянием его осушения, обработки почвы, обжигания и удобрения. В таблице 5 приводятся в обобщенной форме данные о влиянии осушения, обжигания, обработки и удобрения почвы на возобновление естественной растительности открытого верхового болота на наших опытных участках и пробных площадях.

После осушения открытых верховых болот наиболее отчетливые изменения наблюдаются в моховом ярусе: сфагновые мхи отступают перед лесными мхами. В травяно-кустарничковом ярусе уменьшается роль клюквы, росянки и морошки, но разрастаются вереск и багульник.

Обработка почвы способствует размножению политрихума, вереска и пушицы влагалищной. Распаханные участки через де-

Таблица 5

Влияние осушения, обжигания, обработки почвы и удобрения сланцевой золой на возобновление естественной растительности открытого верхового болота в продолжении первых десяти лет после проведения этих мероприятий

Вид растения	Осушение	Обжигание	Обработка почвы	Удобрение сланцевой золой
<i>Pinus silvestris</i>	++	++	++	++
<i>Betula pubescens</i>	++	++	++	++
<i>Salix</i> sp. sp.	++	++	++	++
<i>Andromeda polifolia</i>	-	++	+	---
<i>Calluna vulgaris</i>	++	++	+	-
<i>Empetrum nigrum</i>	+	---	---	-
<i>Ledum palustre</i>	++	++	0	-
<i>Oxycoccus quadripetalus</i>	---	---	---	---
<i>Vaccinium uliginosum</i>	+	+	0	---
<i>V. vitis-idaea</i>	0	++	+	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	++	+	++	++
<i>Drosera rotundifolia</i>	---	---	+	---
<i>Eriophorum vaginatum</i>	-	++	++	++
<i>Rubus chamaemorus</i>	---	+	+	0
<i>Dicranum</i> sp.	++	---	---	-
<i>Pleurozium schreberi</i>	++	---	---	-
<i>Polytrichum strictum</i>	++	++	++	++
<i>Sphagnum</i> sp. sp.	---	---	---	---
<i>Cladonia</i> sp. sp.	+	---	---	---

Знаками + и ++ показано положительное, знаками - и --- отрицательное, а знаком 0 - индифферентное отношение отдельных видов к данным факторам.

сять лет вновь сплошь покрываются болотной растительностью.

После обжигания верховых болот создаются благоприятные условия для размножения и восстановления вереска, багульника, подбела, брусники, пушицы влагалищной и политрихума. Изменения в растительном покрове, происходящие в результате обжигания, обработки и осушения болот, показывают, что условия для роста леса в этом случае улучшаются на верховом болоте лишь незначительно.

После удобрения осушенных болот лесорастительные условия изменяются весьма существенно. На удобренных участках рядом с болотными растениями появляется большое количество травяных растений (в большинстве сорняков), несвойственных верховым болотам. Наблюдается прямая зависимость между инвазией растений минеральных земель и улучшением роста деревьев.

Растения минеральной земли вторгаются только на болота, обогащенные питательными веществами; осушение, обжигание и обработка почвы верхового болота без удобрения такого явления не вызывают. Без применения удобрений невозможно существенно улучшить лесорастительные условия на верховом болоте.

5. Краткий обзор фауны верхового болота

Фауна верховых болот Эстонии рассматривается в диссертации на основании литературных источников (Kivimägi, Maaväga, Masing, Vilbaste, Kukk, Альбрехт и др.).

Фауна биогеоценозов верхового болота, по сравнению с низинными и переходными болотами, бедна по видовому составу и малочисленна. Распространению животных препятствуют на верховом болоте резко специфические условия среды: высокое содержание воды и низкая концентрация минеральных питательных веществ в торфе, близость к поверхности почвенно-грунтовых вод, бедность видового состава растительности и другие факторы.

Вследствие неблагоприятных условий среды, ни одно из млекопитающих животных не связано в своем обитании только исключительно с верховым болотом. По краям верхового болота может попадаться, главным образом, темная полевка и в окрестности озерков – водяная полевка. Более крупные млекопитающие встречаются на верховом болоте сезонно (преимущественно летом) или же попадают туда случайно.

Редко можно увидеть на верховом болоте земноводных или пресмыкающихся. Гадюка иногда встречается на осушенном верховом болоте, на неосушенных – она обыкновенно отсутствует. На верховом болоте нет моллюсков и дождевых червей. Невелико и число видов рыб в олиготрофных озерах верховых болот, это, в основном, окунь, режа – щука; в озерах по краям верховых болот, один из берегов которых граничит с минеральной землей или низинным болотом, к этим двум видам рыб присоединяются карась и плотва.

Относительно богаче в видовом отношении орнитофауна (60–70 видов) верхового болота. Большинство птиц (в том числе также глухарь и тетерев) залетает сюда в поисках пищи, посещая, главным образом, заросшие деревьями части болота. Примерно около 30 видов составляют гнездящиеся на верховом болоте птицы; почти все они, кроме белой куропатки, относятся к перелетным птицам.

Наиболее богата по числу видов и многочисленна на верховом болоте фауна беспозвоночных животных. По данным В.Маавара, в ней насчитывается у нас около 800 видов. Большинство из них заселяет надземные части растений, причем они более многочисленны на поросших деревьями частях верховых болот. Поверхностный слой торфа мало заселен.

Многочисленные насекомые, составляющие энтомофауну верховых болот, питаются в большинстве на растениях кустарничкового и мохового яруса. Из наиболее часто встречающихся вредителей болотной сосны следует отметить побегового жука. По исследованиям А.Куузика, на наших опытных участках 5–12-летние культуры сосны повреждались 4–6 видами насекомых; почти постоянно наблюдались *Rhyacionia pinivora*, *R. pinicolana*, *Exoteleia dodecella*; часто встречались и *Rhyacionia*

duplana, *Blastesthia posticana* и *B.turionella*.
Из остальных вредителей леса более существенный вред наносят сосновый подкорный клоп, короеды и усачи.

VI ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ

1. О необходимости изучения почв верховых болот.

Методы и места исследования

Открытое верховое болото после осушения обычно остается почти безлесным или же зарастает низкорослыми соснами. Из этого мы заключаем, что, наряду с гидрологическими факторами, здесь действуют и другие факторы, препятствующие росту деревьев. Несомненно, что эти факторы следует искать в особенностях поверхностного слоя торфа, в котором располагаются корни деревьев и откуда деревья черпают питательные вещества.

В диссертации автор пытается выяснить, является ли количество питательных веществ, содержащееся в почве верхового болота, достаточным для нормального роста деревьев, и если нет, то в каких питательных элементах ощущается наибольший недостаток. С этой целью в 240 торфяных пробах определялась зольность, содержание N , P_2O_5 , K_2O и CaO , а также pH ; в добавление к этим анализам в части торфяных проб определялось еще и содержание некоторых других элементов (MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , MnO). Содержание питательных элементов в торфе вычислялось в процентах к весу абсолютно сухого вещества. Кроме того, брались пробы торфа только для определения зольности, pH и объемного веса торфяной почвы. Большая часть торфяных образцов принадлежали к плохо разложившимся торфам моховой группы, наиболее широко представленной на верховых болотах Эстонии.

2. Агрохимическая характеристика почвы верхового болота

Важнейшими показателями плодородия торфяной почвы следует считать, прежде всего, ботанический состав торфа, зольность, степень разложения и pH торфа, содержание в нем азота, фосфора, калия и кальция и объемный вес торфа.

Ботанический состав торфа только в самых общих чертах отражает содержание питательных веществ в торфе.

Из результатов химического и ботанического анализа, проведенного в Эстонском научно-исследовательском институте земледелия и мелиорации, выяснилось, что на содержание питательных веществ торфа существенно влияет количество содержащихся в нем древесных остатков; как на низинных и переходных болотах, так и на верховых болотах, торфы, богатые древесиной, всегда плодороднее торфов, бедных древесиной. У нас преобладают верховые болота, где поверхностный слой торфа беден древесиной (содержание древесных остатков в торфе менее 15%). Именно такие торфы служили основным объектом наших химических анализов. Из литературы (Никонов, Гребенщикова, Kivekäs, Kailla и др.) известно, что довольно часто невозможно судить о плодородии торфа только по его ботаническому составу.

Зольность и степень разложения торфа считается одним из важнейших показателей, определяющих плодородие торфа. Среднее процентное содержание золы в верхнем 20-сантиметровом слое торфа на эстонских верховых болотах составляло $3,0 \pm 0,10\%$ (на верховых болотах обычного типа $2,8 \pm 0,08\%$, на верховых болотах переходного типа и торфянистых верещатниках в среднем $3,8\%$).

Во всех случаях на верховом болоте обычного типа зольность в поверхностном слое торфа была больше (в среднем на 1%), чем в нижнем слое торфа. В торфянистом верещатнике и на верховом болоте переходного типа, наоборот, в нижнем слое торфа зольность была выше, чем в верхнем слое.

На верховых болотах с глубоким слоем олиготрофного торфа, вероятно, существует связь между зольностью поверхностного слоя торфа и типом растительного покрова. На открытых верховых болотах кустарничкового типа среднее содержание золы составляет $3,2 \pm 0,11\%$, на верховых болотах травяного типа $2,8 \pm 0,24\%$, на верховых болотах мочажинного типа $2,0 \pm 0,14\%$ и на верховых болотах с многими вторичными озерами $1,7 \pm 0,12\%$.

В ряде литературных источников отмечалось, что рост деревьев на верховом болоте тем лучше, чем выше зольность торфа. На эстонских верховых болотах с глубоким слоем олиготрофного торфа такая тенденция выражена слабо и неясно.

Различия в зольности поверхностного слоя торфа между сфагновым сосняком, сосново-кустарничковым верховым болотом и открытым верховым болотом были не существенными. Среднее процентное содержание золы в торфе сфагнового сосняка составляло $2,9 \pm 0,15$, в торфе сосново-кустарничкового верхового болота $2,9 \pm 0,19$ и на открытом верховом болоте $2,6 \pm 0,12$. Из этих данных видно, что на верховом болоте с глубоким слоем олиготрофного торфа рост деревьев почти не зависит от зольности торфа.

Нашими данными подтверждается, что с повышением в торфе содержания золы всегда увеличивается и содержание кремния, тогда как содержание кальция, фосфора и калия в этом случае не должно обязательно увеличиваться. Отсутствие ясной связи между зольностью почвы верхового болота и содержанием важнейших зольных питательных элементов показывает, насколько неправильно оценивать плодородие торфов верховых болот только на основании процентного содержания в них золы.

На верховых болотах, исследованных нами в ходе настоящей работы, степень разложения поверхностного слоя сфагнового торфа в большинстве случаев была ниже 20%; она особенно низка (до 10%) на открытых и сосново-кустарничковых верховых болотах с глубоким слоем олиготрофного торфа.

Из сравнения pH торфов верхового и низинного типа эстонских болот видно, что верховые болота отличаются более низ-

ким значением pH. Реакция поверхностного слоя торфа на эстонских верховых болотах колеблется в среднем в следующих пределах: pH_{KCl} - 2,2-3,7 и pH_{H_2O} - 3,2-4,4. На низинных эстонских болотах обычно $pH_{KCl} \approx 4,7-7,1$.

Низкое значение pH торфа необходимо для роста многих растений, свойственных верховым болотам. При известковании верховых болот сфагновые мхи гибнут. Последнее следует учитывать при включении верховых болот в лесохозяйственную эксплуатацию, потому, что сфагновые мхи, в качестве эдификаторов, играют важную роль при формировании неблагоприятных для роста деревьев условий на верховом болоте.

По нашим данным, на верховом болоте в верхнем 20-сантиметровом слое почвы pH может колебаться в значительных пределах под одним и тем же видом растения (*Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *S. balticum*, *S. acutifolium*, *S. rubellum*, *S. magellanicum*, *Pleurozium schreberi* и *Cladonia* sp.). Обычно живые сфагновые мхи имеют менее кислую реакцию, чем мертвые.

В кислотности поверхностного слоя торфа различных типов местопроизрастаний (верховое болото обычного типа, верховое болото переходного типа и торфянистый верещатник) не наблюдалось закономерных различий. Мало заметны были различия и между торфами сфагнового сосняка, сосново-кустарничкового верхового болота и открытого верхового болота. На участках верхового болота, поросших деревьями, кислотность обыкновенно была лишь немного выше, чем на безлесном верховом болоте. Однако эти различия не были вполне закономерны. Таким образом, только на основании кислотности почв нельзя судить об условиях роста деревьев на верховых болотах.

Реакция почвы изменяется в благоприятном направлении при обжигании верховых болот и удобрении их сланцевой золой. Легкое обжигание верховых болот изменяет реакцию поверхностного слоя торфа на относительно короткий срок. Сланцевая зола, в том случае, когда она дается в форме поверхностного удобрения, заметно изменяет реакцию торфа, но только в самом верхнем его слое,

Содержание в торфе основных питательных веществ.

Одним из важнейших показателей плодородия торфа является содержание в нем азота. Среднее процентное содержание азота в почвах верховых болот Эстонии $0,87 \pm 0,03\%$ (в типе местопроизрастания обычного верхового болота $0,82 \pm 0,03\%$, на верховом болоте переходного типа в среднем $1,9\%$ и в торфянистом верещатнике $1,5\%$).

Количество доступного деревьям азота, содержащегося в почвах эстонских верховых болот, не достаточно для успешного роста деревьев, так как большинство соединений азота встречается в форме малоподвижных органических соединений, трудно доступных растениям. Из проведенных нами в течение двух вегетационных периодов анализов почвы следует, что нитраты не представлены в торфах открытых верховых болот и сфагновых сосняков.

На плодородие торфяной почвы сильно влияет фосфор. Среднее процентное содержание P_2O_5 в поверхностном слое торфа верховых болот Эстонии $0,11 \pm 0,005$ (причем этот процент в типе местопроизрастания обычного верхового болота $0,10 \pm 0,005$; на верховом болоте переходного типа $0,16\%$ и в торфянистом верещатнике $0,19\%$).

В почвах эстонских верховых болот содержание K_2O (по сравнению с содержанием K_2O в почвах низинных и переходных болот) относительно высокое. Среднее процентное содержание K_2O в почвах верховых болот $0,06 \pm 0,003\%$ (в типе местопроизрастания обычного верхового болота $0,07 \pm 0,003\%$, на верховом болоте переходного типа в среднем $0,02\%$ и в торфянистом верещатнике $0,06\%$). Хотя данные относительно верхового болота переходного типа и торфянистого верещатника требуют уточнения, они все же говорят о том, что плохой рост деревьев на верховом болоте с глубоким слоем олиготрофного торфа не зависит от низкого содержания калия в торфе. На верховом болоте обычного типа, где содержание K_2O в поверхностном слое торфа не меньше, чем на верховом болоте переходного типа или в торфянистом верещатнике, деревья растут хуже, чем на верховом болоте переходного типа и торфянистом верещатнике.

Среднее процентное содержание CaO в почвах эстонских верховых болот $0,32 \pm 0,01\%$ (в типе местопроизрастания обычного верхового болота $0,31 \pm 0,01\%$, на верховом болоте переходного типа в среднем $0,8\%$, в торфянистом верещатнике $0,3\%$).

Содержание питательных элементов в процентах к весу абсолютно сухого торфа дает приблизительное представление о плодородии почвы. Для более точного определения плодородия почвы следует учитывать также объемный вес почвы, так как, при равном процентном содержании питательных веществ, в почве большего объемного веса питательных элементов больше, чем в почве с меньшим объемным весом. Средний объемный вес почв эстонских верховых болот $0,07 \pm 0,004$ (в типе местопроизрастания обычного верхового болота объемный вес почв составлял $0,05 \pm 0,003$, на верховом болоте переходного типа в среднем $0,11$ и в торфянистом верещатнике $0,10$).

В верхнем 20-сантиметровом слое почв эстонских неосушенных верховых болот (в среднем в кг на 1 га) запас азота составляет 1220 кг, P_2O_5 - 150 кг, K_2O - 80 кг и CaO - 450 кг. (В местопроизрастании верхового болота обычного типа в торфяном слое такой же мощности запас N - 820 кг, P_2O_5 - 100 кг, K_2O - 70 кг и CaO - 310 кг; на верховом болоте переходного типа N - 3300 кг, P_2O_5 - 350 кг, K_2O - 40 кг и CaO - 1760 кг; в торфянистом верещатнике - N - 2200 кг, P_2O_5 - 380 кг, K_2O - 120 кг и CaO - 600 кг). Как видно из приведенных цифр, между названными типами местопроизрастаний наблюдаются значительные различия в средних показателях питательных элементов. В пределах одного типа местопроизрастания содержание питательных элементов также сильно варьирует; на верховом болоте обычного типа в 20-сантиметровом слое почвы оно варьировало в следующих пределах: N - 185-1940 кг, P_2O_5 - 15-180 кг, K_2O - 20-180 кг и CaO - 90-700 кг (вычислено на 1 га).

При сравнении наших данных о содержании питательных элементов в почвах верховых болот Эстонии с соответствующими данными из других местностей разных авторов (Baden,

Malmström, Kivekäs, Kaila, Heikurainen , Пьявченко, Вомперский, Бусарова и др.) выясняется, что почвы эстонских верховых болот содержат несколько меньше питательных элементов, чем почвы верховых болот других местностей.

3. О возможности оценки содержания питательных веществ в почве по росту и распределению деревьев и растительному покрову на верховом болоте

Нас интересовало, можно ли оценивать плодородие почвы верхового болота на основании распределения и роста на нем деревьев. Для этого мы сравнивали агрохимические показатели почвы именно в тех частях верхового болота, которые различались по росту деревьев. В табл. 6 приводятся данные относительно содержания азота, фосфора, калия и кальция в корнеобитаемом горизонте почвы и объемного веса почвы в сфагновом сосняке, сосново-кустарничковом болоте и открытом верховом болоте. Все проанализированные пробы торфа брались с верхового болота с мощным слоем олиготрофного торфа.

Из табл. 6 явствует, что существенные различия между почвами открытого верхового болота и сфагнового сосняка в содержании питательных элементов наблюдаются только в части общего азота и фосфора. В тех частях верховых болот, где рост сосны лучше, содержание азота и фосфора в торфе выше. В сфагновых сосняках содержание азота и фосфора в поверхностном слое торфа в два раза выше, чем в торфе безлесного верхового болота. Мы не обнаружили ясной корреляции между ростом деревьев и остальными исследуемыми агрохимическими элементами торфа (CaO , MgO , Fe_2O_3 и SiO_2).

В почве сфагнового сосняка процентное содержание N ни в одном случае не было ниже 0,5%, а содержание P_2O_5 не было ниже 0,08%; по-видимому, в тех частях верховых болот, где содержание общего азота и фосфора в почве ниже этого процента, сосняк не может расти. Такие верховые болота в

Таблица 6

Содержание азота и зольных элементов и объемный вес торфа в верхнем 20-сантиметровом слое почвы в сфагновом сосняке, в сосново-кустарничковом и открытом верховом болоте. (Данные приводятся только относительно неосушенного верхового болота с мощным слоем олитотрофного торфа)

Место- произраста- ние	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Объемный вес
	В % на абсолютно сухую почву				
Сфагновый сосняк	$0,95 \pm 0,4 (+0,19)$ $0,6-1,2$	$0,13 \pm 0,01 (+0,03)$ $0,08-0,18$	$0,06 \pm 0,007 (+0,03)$ $0,01-0,14$	$0,27 \pm 0,02 (+0,09)$ $0,2-0,5$	$0,06 \pm 0,003 (+0,01)$ $0,05-0,08$
Сосново-кустар- ничковое верхо- вое болото	$0,77 \pm 0,05 (+0,24)$ $0,3-1,2$	$0,11 \pm 0,01 (+0,05)$ $0,03-0,19$	$0,07 \pm 0,005 (+0,03)$ $0,02-0,11$	$0,28 \pm 0,02 (+0,10)$ $0,1-0,5$	$0,06 \pm 0,008 (+0,03)$ $0,03-0,10$
Открытое верховое болото	$0,64 \pm 0,03 (+0,19)$ $0,3-1,0$	$0,08 \pm 0,003 (+0,02)$ $0,03-0,12$	$0,07 \pm 0,005 (+0,03)$ $0,01-0,13$	$0,30 \pm 0,02 (+0,12)$ $0,2-0,6$	$0,04 \pm 0,004 (+0,02)$ $0,02-0,09$
Сфагновый сосняк	1140	160	70	320	
Сосново-кустарничко- вое верховое болото	920	130	80	340	
Открытое верховое болото	510	60	60	240	

Средний запас в 20-сантиметровом слое почвы в кг на 1 га

Примечание: Над чертой - арифметические средние с средней ошибкой, в скобках - стандартное отклонение.
Под чертой - крайние величины.

большинстве принадлежат к числу открытых верховых болот или, реже, к сосново-кустарничковым верховым болотам. В общих чертах можно считать, что сосняк может произрастать только в тех частях верховых болот, где запас N в поверхностном 20-сантиметровом слое торфа составляет не менее 600-700 кг/га и запас P_2O_5 не менее 100 кг/га. Если в почве верхового болота содержание N превышает 1,0% и содержание P_2O_5 выше 0,10%, то это верховое болото никогда не останется безлесным. Можно предположить, что только после выгорания верхового болота в результате гибели деревьев от огня некоторые части верховых болот, относительно богаты питательными веществами, временно могут оставаться безлесными.

Из наших данных видно, что большинство проб торфа с малым содержанием азота (N до 0,7%) и фосфора (P_2O_5 до 0,07%) были взяты с открытого верхового болота; торфяные пробы с высоким содержанием азота (N - выше 1,0%) и фосфора (P_2O_5 - выше 0,1%) получены на верховых болотах, где растет сосняк.

Значительные различия в содержании азота и фосфора между почвами сфагнового сосняка и открытого верхового болота говорят о том, что рост деревьев сильно зависит от содержания этих элементов в почве и что при облесении безлесных верховых болот, прежде всего, необходимо их удобрение азотом и фосфором.

Судя по данным, полученным нами в ходе настоящего исследования, можно считать, что запас питательных элементов в почвах открытых верховых болот с мощным слоем олиготрофного торфа не одинаков в разных типах этих болот. О средних агрохимических почвенных показателях кустарничкового болота и верхового болота с мочажинами и вторичными озерами дает представление табл. 7.

Трудно осушаемые верховые болота с вторичными озерами и мочажинами в отношении запасов питательных веществ находятся в наиболее плохом положении, поэтому их использование в лесном хозяйстве не рентабельно даже в том случае, когда возникает необходимость расширения лесной площади за счет

Таблица 7

Содержание азота и зольных элементов, pH и объемный вес в верхнем 20-сантиметровом слое почвы неосушенного кустарничкового верхового болота с мощным слоем олиготрофного торфа и на верховых болотах с мочажинами и озерками также с мощным слоем олиготрофного торфа

	Кустарничковое верховое болото	Верховое болото с мочажинами и озерками	Кустар- ничковое верховое болото	Верховое болото с мочажинами и озерками
	В % к абсолютно сухой почве		Средний запас в 20- сантиметровом слое почвы в кг на 1 га	
Золь- ность	$3,1 \pm 0,12 (+0,63)$ $1,5-4,4$	$1,9 \pm 0,11 (+0,50)$ $1,3-3,3$	4340	1520
N	$0,9 \pm 0,04 (+0,21)$ $0,3-1,5$	$0,5 \pm 0,04 (+0,15)$ $0,3-1,0$	1260	400
P ₂ O ₅	$0,09 \pm 0,005 (+0,03)$ $0,05-0,16$	$0,05 \pm 0,004 (+0,02)$ $0,03-0,09$	130	40
K ₂ O	$0,07 \pm 0,005 (+0,03)$ $0,03-0,13$	$0,07 \pm 0,006 (+0,03)$ $0,03-0,13$	100	60
CaO	$0,3 \pm 0,02 (+0,13)$ $0,1-0,6$	$0,2 \pm 0,02 (+0,07)$ $0,1-0,4$	420	160
MgO	$0,14 \pm 0,009 (+0,03)$ $0,09-0,19$	-	200	-
Fe ₂ O ₃	$0,14 \pm 0,01 (+0,05)$ $0,06-0,32$	$0,08 \pm 0,008 (+0,03)$ $0,01-0,13$	200	60
SiO ₂	$2,0 \pm 0,14 (+0,67)$ $0,7-3,2$	$1,0 \pm 0,12 (+0,47)$ $0,6-2,3$	2800	800
pH _{H2O}	3,2-4,3	3,6-4,3		
pH _{KCl}	2,2-3,3	2,5-2,7		
Объемный вес	$0,07 \pm 0,006 (+0,02)$ $0,04-0,10$	$0,04 \pm 0,002 (+0,002)$ $0,02-0,06$		

Примечание: Над чертой - арифметические средние с средней ошибкой, в скобках - стандартное отклонение, под чертой - крайние величины.

верховых болот. В таких случаях следует, в первую очередь, использовать лучше осушаемые, с большим потенциальным почвенным плодородием кустарничковые верховые болота.

Мы исследовали также, зависит ли содержание азота и зольных веществ в торфе от микрорельефа верхового болота. Выяснилось, что содержание азота и зольных элементов в верхнем слое торфа в кочках и понижениях, расположенных поблизости, более или менее одинаково.

Мы часто проводили анализ растительного покрова на тех участках, откуда брались торфяные пробы. Благодаря этому оказалось возможным охарактеризовать агрохимические показатели торфа под различными растениями верховых болот. Данные анализов растительного покрова были сгруппированы по доминантам отдельных социаций. Мы пробовали судить о плодородии почвы на основании видов растений, доминирующих в растительном покрове. Выяснилось, что на верховом болоте с глубоким слоем олиготрофного торфа под одним и тем же видом растения содержание питательных элементов почвы может быть достаточно различным. В общем, питательных элементов в торфе больше под мхами (*Pleurozium schreberi*, *Sphagnum angustifolium*), произрастающими в поросших деревьями частях верхового болота. В поверхностном 20-сантиметровом слое торфа, там, где болото покрыто мхом *Pleurozium schreberi*, в среднем содержание P_2O_5 в 4-7 раз больше, N в 4-8 раз и CaO в 2-5 раз больше, чем в местах, где господствуют типичные для открытого верхового болота виды сфагновых мхов (*S.fuscum*, *S.balticum*, *S.magellanicum*).

На участках открытого верхового болота, покрытых лишайниками (*Cladonia* sp.), среднее содержание в торфе P_2O_5 в 4 раза, а содержание N в 3 раза больше соответствующих средних показателей открытого верхового болота.

При сравнении содержания азота, фосфора и кальция в почве под наиболее часто встречающимися сфагновыми мхами (*Sphagnum fuscum*, *S.balticum*, *S.magellanicum*, *S.angustifolium*, *S.acutifolium* и *S.rubellum*) бросались в глаза значительные различия в этом отношении между отдельными видами

этих мхов. Наибольшие запасы азота, фосфора и кальция были отмечены в местах, где в растительном покрове доминирует *S. angustifolium*, затем следуют части болота, покрытые *S. acutifolium*. Меньше всего питательных элементов там, где в растительном покрове преобладают *S. magellanicum* и *S. rubellum*.

Нами определялось содержание зольных веществ (зольность, содержание P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , SiO_2) и азота также в живых сфагновых мхах и в торфе, на котором они росли. Выяснилось, что содержание фосфора, калия и магния обыкновенно выше всего в живых сфагновых мхах. Наибольшие различия наблюдались (больше, чем в 5 раз) в содержании калия между частями живых сфагновых мхов и находящимся под ними слоем ошеса. Можно полагать, что соединения калия весьма легко усваиваются растениями (в том числе и деревьями).

Наши анализы показывают, что на верховом болоте с мощным слоем олиготрофного торфа верхний слой торфа значительно богаче зольными веществами, чем нижний. Это особенно ясно выражено в отношении калиевых соединений; но и фосфора, кальция, магния и кремния также больше в верхнем, 5-25-сантиметровом, слое торфа, чем в расположенном под ним 50-80-сантиметровом слое. Различие в содержании азота между верхним и нижним слоями торфа отсутствует.

4. Лесоводственная оценка почвы верховых болот

Такого малого количества питательных веществ, как в почвах верховых болот, не наблюдалось ни в одном другом местопроизрастании. Возникает вопрос, имеется ли в корнеобитаемом слое почвы верхового болота достаточное количество питательных веществ, необходимое для нормального роста деревьев?

Проблемы, связанные с питанием деревьев, в достаточной мере освещались в литературе (Ремезов, Быкова, Malmström,

Ingestad, Wehrmann, Leyton, Tamm и др.). Однако выяснение потребностей деревьев в питательных солях продолжает оставаться вопросом, требующим разрешения.

Мы сравнивали запасы общего азота, фосфора, калия и кальция в верхнем 20-сантиметровом слое почв эстонских верховых болот с количеством соответствующих питательных элементов, использованных, по данным Быковой, в течение 100 лет сосняком I бонитета. Из сравнения следует, что в корнеобитаемом горизонте почвы запасов P_2O_5 , K_2O и CaO было значительно меньше, чем их накапливает в себе растущий на плодородной почве сосняк за 100 лет. Азота в почве верхового болота относительно больше, чем в сосняке, хотя, по всей вероятности, для удовлетворительного роста деревьев азота на верховом болоте все же не хватает. Следует учитывать, что только часть запасов питательных элементов почвы доступна растениям и что, наряду с деревьями, те же питательные элементы почвы в большом количестве используют мхи, травянистые растения и кустарнички. По данным Н.И.Пьявченко, в 120-летнем сосняке на верховом болоте годичный прирост абсолютно сухой массы растений мохового и травяного яруса в 16 раз больше, чем у деревьев.

Данные относительно того, что недостаток питательных веществ тормозит рост деревьев на олиготрофных торфяных почвах, приводятся многими учеными (Malmström, Zehetmayr, Huikari, Пьявченко, Кощеев и др.).

Чтобы выяснить, недостаток каких именно питательных элементов в почве больше всего тормозит рост деревьев на верховом болоте, мы специально сравнивали содержание золы, азота, фосфора, калия, кальция, магния, а также железа и кремния на верховом болоте Тяхтвере и на участках по краям болота, где рост деревьев явно различен. Для сравнения нами были выбраны: 1) расположенный на краю верхового болота Тяхтвере смешанный сосново-еловый лес, тип местопроизрастания болотно-черничный, класс бонитета IV, возраст леса 60-70 лет, 2) сосняк кустарничково-сфагновый на верховом болоте, 6-метровой высоты, возраст леса 70-80 лет и 3) открытое травяно-кустарничковое верховое болото. Из проведен-

ного сравнения зольных веществ и азота в почвах этих местопроизрастаний видно, что в сосняке кустарничково-сфагнового типа запасов N , P_2O_5 и Fe_2O_3 больше, чем на открытом верховом болоте. Остальных зольных веществ (кальция, калия, магния и кремния) на открытом верховом болоте больше, или, по крайней мере, столько же, как и в сфагновом сосняке. Единичные деревья, встречающиеся на открытом верховом болоте, растут заметно хуже деревьев сфагнового сосняка; это позволяет предполагать, что при повышении содержания CaO , K_2O , MgO и SiO_2 в почве открытого верхового болота, рост деревьев на нем существенно не улучшится и что рост деревьев больше всего зависит от содержания в торфе N и P_2O_5 . Увеличивать в торфе содержание Fe_2O_3 не имеет смысла, так как деревья нуждаются в минимальном количестве железа.

При сравнении типа местопроизрастания верхового болота с типом местопроизрастания заболачивающегося болотно-черничного леса бросается в глаза большое различие в запасах азота и зольных веществ. В лесной почве содержание всех питательных элементов больше, чем в почве верхового болота, особенно велико различие (больше, чем в 14 раз) в содержании CaO .

Наши данные убедительно доказывают, что без повышения содержания питательных веществ в торфе немислимо успешное использование верховых болот в лесном хозяйстве. Больше всего недостает здесь деревьям фосфора и азота.

Нас интересовал вопрос, можно ли повышать содержание питательных элементов в почвах верховых болот с помощью простых лесоводственных приемов до количества, необходимого для успешного роста на них деревьев.

5. Возможности повышения плодородия почв верховых болот при помощи их обжигания и осушения

Одним из наиболее известных приемов, повышающих плодородие торфяной почвы, является обжигание болот. Пожары на болотах случаются весьма часто. В Эстонии мало верховых бо-

лот, нетронутых огнем.

Обжигание болот с целью использования их в сельском хозяйстве было известно уже в 17 веке. По литературным данным, легкое обжигание верховых болот хотя и способствует повышению плодородия почвы, но не на долгое время.

Для того, чтобы получить представление о влиянии обжигания на pH и содержание золы, азота, фосфора, калия, кальция в почвах верховых болот, мы (в течение четырех лет после обжигания болота Раа) брали ежегодно с опытного участка на этом болоте торфяные пробы.

По нашим данным, зола, образовавшаяся в результате легкого обжигания верхового болота, исчезает с его поверхности уже на второй год после обжигания, а полученные при обжигании верхового болота зольные вещества повышают плодородие торфяной почвы сравнительно на короткое время.

Другим, давно известным в лесоводстве, приемом, наряду с обжиганием болот, является осушение болот. Мы сравнивали на верховом болоте с мощным слоем олиготрофного торфа влияние длительного и сильного осушения на содержание в поверхностном слое торфа золы, азота, фосфора, калия, железа и кремния и на объемный вес торфа. Из наших данных выясняется, что в результате длительного осушения в поверхностном слое почвы увеличился объемный вес торфа, повысилось содержание зольных веществ и азота; хотя в почвах осушенных верховых болот все же имеется недостаток питательных элементов. Необходимость удобрения сильно осушенных верховых болот не вызывает сомнений.

VII ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЗАВИСИМОСТЬ ОТ НИХ РОСТА ДЕРЕВЬЕВ

1. Общая характеристика гидрологических условий на верховых болотах

а) Гидрологическая сеть на верховых болотах

За последние десятилетия в Советском Союзе появился в печати ряд исследований К.Е.Иванова, Е.А.Романовой, В.В.Романова, И.Д.Богдановской-Гиенаф и других авторов по водному режиму верховых болот.

При сравнении гидрологических условий, с одной стороны, на верховых болотах, с другой - на минеральных землях и низинных болотах бросается в глаза кардинальное различие между ними: в почве верховых болот нет автотрофной грунтовой воды. Почвенно-грунтовые воды образуются преимущественно из вод атмосферных осадков, на содержание питательных элементов в которых минеральный грунт не влияет. Вода является на верховом болоте ведущим фактором. Она составляет приблизительно 90% общего веса почвы.

Специфические водоемы верховых болот - это вторичные озерки и мочажины. Максимальная глубина вторичных озерков на эстонских верховых болотах 4-5 м, но в большинстве случаев их глубина ниже 2 м.

Образование окнищ (вторичных озерков) объяснялось разными авторами (Weber, Taltu, Краснов, Романова, Пьявченко, Титов, Романов, Иванов, Конойко и др.) различно. По нашему мнению, образование и развитие озерков сильно зависит от климата в течение голоцена. В дождливые периоды, когда прирост торфа происходил особенно быстро, часть мочажин, по всей вероятности, превращалась в озеркообразные мочажины. В результате прироста торфа, обилия осадков и общих гидрологических условий из таких мочажин с течением времени развивались вторичные озерки. В засушливые климатические пе-

риоды часть вторичных озерков начинала заростать, и из них вновь образовывались мочажины.

В Эстонии прирост торфов верхового типа происходил сильнее 5800-6600, 3200-4000 и 1200-1700 лет назад. Можно предполагать, что в эти именно периоды преобладали процессы образования вторичных озерков. Если учесть, что увеличение глубины вторичных озерков произошло, главным образом, из-за утолщения торфяной залежи, можно по глубине этих озерков определять их приблизительный возраст. Образование вторичного озера 4-5-метровой глубины происходило за такой же период времени, как и образование торфяного слоя, приблизительно равной толщины. Наши данные показывают, что торфяной слой толщиной в 4-5 м формировался приблизительно в течение 6000-6500 л. (табл. 3).

В Эстонии в настоящее время преобладает тенденция образования мочажин из вторичных озерков, но могут встречаться и противоположные случаи, когда из мочажин развиваются вторичные озера.

б) Динамика уровня почвенно-грунтовых вод

Водный режим является одним из основных факторов, от которых зависит плодородие торфяной почвы. Стимулирующее или тормозящее воздействие водного режима на рост деревьев весьма существенно зависит от глубины почвенно-грунтовых вод.

С целью изучения колебаний почвенно-грунтовых вод на эстонских болотах нами были использованы данные наблюдений гидрометеорологической станции Тоома за 1951-1961 гг. на верховом болоте Мянникъярве, а также данные, полученные нами в ходе работы, за период 1952-1955 гг. относительно верхового болота Раа и за период 1959-1960 гг. относительно верхового болота Ряама.

Данные гидрометеорологической станции Тоома показывают, что уровень почвенно-грунтовых вод на открытом верховом болоте ближе к поверхности земли, чем в сосняке на верховом

болоте, причем в периоды богатые осадками это различие меньше, чем в периоды, бедные осадками. В течение засушливых периодов уровень почвенно-грунтовых вод падает на верховом болоте с сосняком на несколько десятков сантиметров глубже, чем на открытом верховом болоте. Во время дождливого периода это различие держится в пределах 5-10 см. Наиболее низкий уровень почвенно-грунтовых вод, зарегистрированный на верховом болоте Мянникъярве в годы 1951-1960, в сфагновом сосняке - 84 см и на открытом верховом болоте - 54 см; наиболее высокое положение уровня грунтовых вод в почве было соответственно 10 и 2 см. При измерениях (в 1954-1955 гг.) в вегетационный период крайние пределы глубины уровня почвенно-грунтовых вод, отмеченные на открытом кустарничковом верховом болоте Раа, составляли 2 см и 70 см.

Из исследований Е.Д.Сабо и И.Ф.Моисеенко видно, что на рост сосны наиболее сильно влияет весенний уровень почвенно-грунтовых вод. Чем меньше глубина грунтовых вод в начале вегетационного периода, тем хуже в этом году растут деревья. Позднее, в этом же году, уровень грунтовых вод в почве на рост деревьев больше не влияет.

Наблюдение за динамикой уровня почвенно-грунтовых вод на эстонских верховых болотах показывает, что уровень воды на этих болотах ближе всего к поверхности именно в начале вегетационного периода, во время таяния мерзлого слоя верховых болот. В это время подъем уровня почвенно-грунтовых вод происходит резко и больше всего зависит от повышения температуры воздуха. За сутки уровень грунтовых вод в почве может весной повысится на несколько десятков сантиметров, достигая в некоторых случаях на понижениях микрорельефа до поверхности земли. Позднее, в июле-августе уровень почвенно-грунтовых вод спадает, хотя в этот период он держится еще настолько близко к поверхности, что условия роста деревьев остаются по-прежнему неблагоприятными. Все это говорит о том, что осушение верховых болот является насущно необходимым.

Влияние осадков на колебание почвенно-грунтовых вод зависит от испарения. В связи с более сильным испарением

летом, небольшое количество осадков в разгаре лета меньше влияет на подъем уровня грунтовых вод, чем осенью, когда испарение слабое. Когда грунтовая вода близка к земной поверхности, влияние осадков на подъем уровня почвенно-грунтовых вод незначительно.

Наблюдается связь между уровнем почвенно-грунтовых вод и микрорельефом верховых болот. В зависимости от разных элементов микрорельефа (кочки, гряды, понижения и др.) уровень грунтовых вод в торфе не горизонтален. Главную роль в колебаниях уровня грунтовых вод в разных элементах микрорельефа играют, по-видимому, различия в ботаническом составе торфа и растительном покрове.

На осушенном верховом болоте уровень грунтовых вод и его динамика в течение вегетационного периода зависят от интенсивности осушки. На осушенной площади кривая депрессии грунтовых вод резкая. Наиболее сильно влияние глубокой канавы на уровень грунтовых вод проявляется в полосе шириной до 5-10 м по обе стороны канавы, дальше уровень воды резко повышается.

2. Зависимость роста деревьев от водного режима верхового болота

а) Влияние глубины уровня грунтовой воды и влажности торфа на рост деревьев

По данным многих ученых (Дубах, Эркин, Писарьков, Смоляк, Сабо, Купчинов, Buß, Heikurainen и др.), рост болотной сосны зависит от глубины грунтовых вод. Наши данные также подтверждают, что в условиях Эстонии на верховых болотах с мощным олиготрофным слоем торфа существует отчетливая зависимость между ростом сосны и глубиной почвенно-грунтовых вод. Чем ближе грунтовая вода к поверхности почвы, тем хуже растут деревья. После осушения верховых болот рост деревьев улучшается.

Перед началом осушения сфагновых сосняков следует решить, до какой глубины надо понизить уровень грунтовой воды для того, чтобы она не препятствовала росту деревьев. Установлено, что в насаждениях с относительно высокой производительностью (более $100 \text{ м}^3/\text{га}$) грунтовая вода не поднималась к поверхности земли ближе, чем на 40–50 см. В сфагновых сосняках сравнительно низкой производительности ($30 - 80 \text{ м}^3/\text{га}$) грунтовые воды находились ближе сорока сантиметров от поверхности земли. Так как в литературе также имеются данные (Дубах, Молчанов, Смоляк, *Eainla* и др.) о том, что глубина почвенно-грунтовой воды, равная 40–50 см, обеспечивает удовлетворительный рост сфагновых сосняков на торфяных почвах, мы приходим к заключению, что при осушении верховых болот необходимо следить, чтобы в течение вегетационного периода грунтовые воды находились на глубине не менее 40–50 см.

Наши исследования показали, что даже при интенсивном осушении не следует опасаться переосушки верховых болот, которая на более плодородных и сильнее разложившихся торфяных почвах может тормозить рост деревьев. Даже при глубоком уровне почвенно-грунтовых вод (ниже 0,8 м) в верхнем корнеобитаемом слое торфа всегда достаточно доступной для деревьев воды.

б) Влияние химического состава грунтовой воды на рост деревьев

Химическому составу грунтовой воды в лесных почвах уделялось мало внимания. В эстонских болотных лесах такого рода исследований до сих пор не проводилось. Однако, изучение химизма почвенно-грунтовых вод весьма важно; деревья не только получают питательные элементы из грунтовой воды, но она периодически является и средой для их корней.

Для того, чтобы получить представление о химическом составе почвенно-грунтовых вод на верховых болотах Эстонии и

охарактеризовать этот состав с лесоводственной точки зрения, мы сравнивали химизм почвенно-грунтовой воды на следующих участках в лесничестве Тяхтвере: 1) на открытом верховом болоте, 2) в кустарничково-сфагновом сосняке и 3) в смешанно-сосново-еловом лесу (тип местопроизрастания болотно-черничный, класс бонитета IV). В каждом типе местопроизрастаний пробы воды для анализа брались всегда из одних и тех же скважин. Пробы брались в 1958 году с мая по ноябрь с перерывами в 2-3 недели. В добавление к ним неоднократно были взяты пробы воды также и с других эстонских верховых болот.

Данные анализа доказывают, что химические свойства почвенно-грунтовой воды (рН, содержание кислорода, Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Fe^{+++} , HCO_3^- , Cl^- , перманганатная и бихроматная окисляемость) существенно колеблются на верховом болоте в течение вегетационного периода. Кислород в почвенно-грунтовой воде верхового болота отсутствует, или же его содержание в ней ничтожно.

На основании данных анализа можно полагать, что существует некоторая зависимость между ростом деревьев и содержанием в грунтовой воде кальция и магния. Летом, когда в грунтовой воде снизилось содержание кальция и магния, рост деревьев на верховом болоте также прекратился. В то же время содержание подвижного кальция и магния в почве оставалось таким же, как в начале интенсивного роста деревьев, но содержание в почве подвижного фосфора во время прекращения роста деревьев заметно уменьшилось.

Результаты анализа химических свойств почвенно-грунтовой воды верхового болота доказывают, что она неблагоприятна для роста деревьев. Это подтверждает и тот факт, что на верховом болоте корневая система деревьев поверхностная. По нашим наблюдениям, в том случае, когда, вследствие постоянного нарастания торфа, корневая шейка сосны попадает в почвенно-грунтовую воду, главный корень искривляется назад, в направлении земной поверхности. Важнейшими условиями улучшения роста деревьев на верховом болоте являются снижение

уровня почвенно-грунтовых вод и удобрение почв верховых болот.

3. Осушение верховых болот

Верховые болота обычно осушались в Эстонии канавами, глубина которых, после осадки торфа, составляла 1 м и более, а расстояние между канавами было около 100 м. Наши опыты показывают, что на верховых болотах с глубоким слоем олиготрофного торфа такой способ осушения не сопровождается существенным понижением уровня грунтовых вод. Уровень грунтовых вод резко понижается только в непосредственной близости от канав, а на расстоянии 10–20 м от них влияние осушения незначительно. Посередине между канавами уровень грунтовых вод находится на той же глубине, как и на неосушенном верховом болоте. Даже при копке более глубоких канав границы, где снижается уровень грунтовых вод, не изменяются.

Недостаточная регулирующая способность редкой осушительной сети и ничтожное влияние глубины канав на уровень грунтовых вод обусловлены уменьшением вблизи канав водопроницаемости верхового торфа из-за его осадки. По нашим данным, водопроницаемость торфа вблизи сравнительно глубоких канав, по крайней мере, в два-три раза меньше, чем в середине между канавами. Водопроницаемость торфа верхового типа меньше, чем водопроницаемость торфов других типов.

В торфяной залежи степень разложения торфа и давление верхних слоев на нижние увеличиваются с глубиной, соответственно уменьшается и водопроницаемость торфа. Так, данные У.Томберга показывают, что если принять коэффициент фильтрации на глубине 0,5 м равным единице, то на глубине 1,0 м он составляет 0,3, а на глубине 1,5 м только 0,1, т.е. уменьшается в 10 раз. Водопроницаемость торфа уменьшается с увеличением степени его разложения.

Исследование особенностей свойств водопроницаемости торфа верхового болота позволяет прийти к выводу, что верховые болота целесообразнее осушать, применяя частую сеть

неглубоких канав, чем редкую сеть глубоких канав. По краям мелких канав торф менее оседает и меньше препятствует движению воды, чем по краям глубоких канав. Из теоретических расчетов У.Томберга также ясно видно, что с помощью сети более мелких и частых канав осушать верховые болота рентабельнее, чем глубокими и редкими канавами. Для того, чтобы на верховом болоте с мощным слоем олиготрофного торфа повсюду обеспечить понижение уровня почвенно-грунтовых вод хотя бы на глубину 40 см, расстояние между глубокими канавами (глубина канав после осадки торфа - 1,5 м) должно оставаться, в зависимости от степени разложения торфа, в пределах 25-50 м. Большее расстояние между канавами, даже при очень глубоких канавах, вызывает подъем грунтовых вод на межканавных участках и ухудшает условия роста деревьев. В тех границах, где расстояние между канавами не превышает 25-50 м, действует правило: чем глубже канава, тем дальше простирается ее влияние; увеличивая глубину канав, можно увеличивать и расстояние между ними, не опасаясь повышения уровня грунтовых вод, и, наоборот, при уменьшении глубины канав следует уменьшать их расстояние друг от друга. Выбор глубины канав и расстояний между ними диктуется экономическими соображениями. По расчетам У.Томберга, объем земляных работ наименьший и осушение обходится дешевле в том случае, если глубина канав после оседания торфа равна 0,6-0,8 м, но, учитывая, что после осушения торф сильно оседает, первоначальная глубина канав должна быть 0,8-1,2 м. В зависимости от степени разложения торфа и глубины канав, рекомендуется, чтобы среднее расстояние между ними составляло 11-30 м.

Осушать безлесные болота частой сетью мелких канав целесообразно в тех случаях, когда имеется мощный слой олиготрофного сфагнового торфа и отсутствует возможность углублять дно канав в плодородный слой торфа или в минеральную подпочву болота.

Мелкие осушительные канавы шириной 0,4-0,5 м могут иметь длину до 200-300 м. Воду из осушительных канав отво-

дят собирательными канавами, прокладываемыми через 500-600 м перпендикулярно к первым.

При осушении эстонских сфагновых сосняков на верховых болотах, когда приходится проводить также рубки трассы, следует учитывать рекомендации Е.Д.Сабо, К.Буш и Г.Е.Пятецкого. Мы полагаем, что в сфагновых сосняках, растущих на верховых болотах, расстояние между канавами должно быть все же меньше ста метров.

VIII ФИТОКЛИМАТ ОТКРЫТЫХ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ

1. Обзор литературы о фитоклимате болот. Цели изучения микроклиматического режима верховых болот Эстонии, методика и объекты исследования

Микроклимат участков, расположенных поблизости, в зависимости от адафических и гидрологических условий, а также растительного покрова и рельефа, может значительно различаться, что влияет на возобновление и рост деревьев. Так как под термином "микроклимат" подразумеваются климатические условия приземного слоя воздуха, а в диссертации рассматриваются, кроме того, температурные условия торфа и промерзание и оттаивание почвы, термин "микроклимат" в заглавии главы заменен термином "фитоклимат". Присоединяясь к мнению С.И.Радченко, мы понимаем под "фитоклиматом" микроклимат того слоя воздуха и почвы, где располагаются надземные и подземные органы растений.

Микроклиматические условия, господствующие на верховых болотах, рассматривают в своих работах Д.А.Герасимов, Т.Л.Ефимова, С.Н.Тюремнов, В.Ф.Изотов, Н.И.Пьявченко, М.Флейшер, П.Вагелер, Ф.Фирбас, В.Креутц, Г.Приэхауссер, И.Песси и др. Считают, что термический режим верховых болот отличается от термического режима минеральных земель и оказывает влияние как на последний, так и на леса, растущие в окрестности верхового болота. Приблизительно в двадцатых

годах настоящего столетия выдающийся шведский ботаник Е.Мелин утверждал, что именно микроклиматические условия препятствуют облесению осушенных открытых верховых болот. По его мнению, лес мог бы расти на всяком осушенном торфянике, если бы рост деревьев не тормозили неблагоприятные для него низкие температуры.

В диссертации приводятся данные о фитоклимате эстонских безлесных верховых болот и дается его анализ с эколого-лесоводственной точки зрения. В 1952-1958 гг. нами проводились микроклиматические наблюдения на некоторых безлесных верховых болотах; кроме того, мы имели возможность использовать данные гидрометеорологической станции Тоома за период 1951-1965 гг. относительно фитоклимата безлесного верхового болота Мяникъярве и наблюдательного пункта, расположенного близ него на минеральной земле.

2. Общая характеристика температурных условий и влажности воздуха

а) Температура воздуха

Чтобы выяснить, может ли температура приземного слоя воздуха на открытом верховом болоте быть более благоприятной для роста деревьев, чем на участках минеральной земли, где естественное возобновление леса протекает вполне успешно, мы сравнивали (по данным гидрометеорологической станции Тоома) температуры воздуха на верховом болоте Мяникъярве и в наблюдательном пункте на минеральной земле. Выяснилось, что среднедекадные и среднемесячные температуры воздуха почти равны; также довольно сходно на верховом болоте и минеральной земле число дней с средней температурой воздуха выше 10°C . Как известно, рост леса существенно зависит от числа дней с такой температурой воздуха.

В суточном ходе температуры воздуха между верховым болотом и минеральной землей все же наблюдаются некоторые

различия, но на рост леса они не оказывают никакого влияния. Обычно летом на верховом болоте температура воздуха днем немного выше, а ночью ниже, чем на минеральной земле. Декадные абсолютные максимальные температуры на верховом болоте в среднем примерно на 1°C выше и минимальные температуры на 1°C ниже, чем на минеральных землях. Заморозки на верховом болоте выпадают чаще и бывают сильнее, чем на минеральной земле.

Температура воздуха на верховом болоте не везде одинаковая. Это зависит от многих факторов, в числе которых важнейшие – растительный покров и степень содержания влажности в поверхностном слое торфа; последняя, в свою очередь, зависит от интенсивности осушения верхового болота. Наши данные показывают, что изменения в температуре воздуха, вызываемые осушением и обнажением почвы (последнее рекомендуется при закладке лесных культур) настолько малы, что не могут оказывать существенного влияния на рост деревьев.

б) Влажность воздуха

Между верховым болотом и минеральной землей существенных различий во влажности воздуха нет. В апреле и мае влажность воздуха в обоих местопроизрастаниях обычно одинакова или же она несколько больше на верховом болоте. С июня по сентябрь на верховом болоте влажность воздуха немного ниже, чем на минеральной земле, однако эти различия настолько невелики, что для возобновления и роста деревьев они не имеют значения.

Осушение и обнажение почвы не оказывает заметного влияния на влажность воздуха.

3. Крайние температуры в приземном слое воздуха и на поверхности земли

Максимальные температуры воздуха не повышаются в такой степени, чтобы препятствовать возобновлению и росту деревьев. Самая высокая максимальная температура, которая была зарегистрирована (в течение 15-летнего периода наблюдений - 1951-1965 гг.) на низкой кочке из *Sphagnum fuscum* на верховом болоте Мянникъярве, составляла 42°C. На верховом болоте Раэ самая высокая максимальная температура была 49,5°C.

Заморозки на верховых болотах, которые случаются после начала роста деревьев в высоту, весьма опасны для деревьев (в особенности для елей). На верховом болоте заморозки бывают чаще и сильнее, чем на минеральной земле. В продолжение пятнадцати лет (1951-1965) на верховом болоте Мянникъярве было 15, а на минеральной земле 14 таких лет, когда в мае наблюдались заморозки. Заморозки в июне месяце отмечались на верховом болоте в течение десяти лет, на минеральной земле в течение трех лет, июль с заморозками на верховом болоте был два раза, на минеральной земле один раз.

На верховом болоте заморозки наблюдаются всегда чаще, чем на минеральной земле. В 1952 г., с 1 мая по 30 сентября, на верховом болоте Мянникъярве заморозков было 21, на минеральной земле 11, в 1956 г. на верховом болоте 23 и на минеральной земле 11, в 1963 г. на верховом болоте 14 и на минеральной земле 1, в 1964 г. на верховом болоте 31 и на минеральной земле 10.

Из данных наблюдений гидрометеорологической станции Тоома за 1951-1965 гг. видно, что заморозки на верховом болоте могут выпадать в течение всего вегетационного периода. Нет такой декады в году, когда на верховом болоте не могли бы наблюдаться заморозки. В июне, июле и августе заморозки на верховом болоте бывают чаще и сильнее, чем на минеральной земле. На верховом болоте Мянникъярве, начиная с II декады мая и до III декады сентября, заморозки были обычно

на $1-2^{\circ}\text{C}$ (в отдельных случаях до 4°) сильнее, чем на минеральной земле.

Условия роста деревьев тем лучше, чем длиннее период без заморозков. По данным гидрометеорологической станции Тоома, в годы 1951-1965 период без заморозков на минеральной земле был в одиннадцати случаях длиннее, чем на верховом болоте Мянникъярве, и в четырех случаях вполне или почти равной длительности. Продолжительность периода без заморозков в 1951-1965 гг. на верховом болоте в среднем составляла 97 (41-128) дней и на минеральной земле в среднем 124 (77-151) дня.

Крайние суточные температуры воздуха варьируют в одном и том же верховом болоте в зависимости от различий в растительном покрове, глубины почвенно-грунтовых вод, микрорельефа и других факторов. В растительном покрове верхового болота, в местах, где растительный покров не затеняет почвы, амплитуда суточной температуры шире (максимальная температура выше и минимальная ниже), чем на обнаженной поверхности, где растительный покров удален на большом пространстве. На сосново-кустарничковом болоте крайние температуры были более резкими, чем на открытом кустарничковом болоте; на осушенных верховых болотах наблюдались более высокие крайние температуры, чем на неосушенных болотах; на кочках они были более резкими, чем в понижениях. Однако эти температуры нигде на верховом болоте не были настолько неблагоприятны, чтобы возобновление и рост леса на нем стало невозможным.

4. Температурные условия торфа

Весной в верхнем 20-сантиметровом слое почвы температура на верховом болоте ниже и менее благоприятна для роста деревьев, чем на минеральной земле, в течение лета эти различия уменьшаются и осенью почти исчезают. Среднемесячные температуры за десятилетний период (1952-1961) на верховом болоте Мянникъярве отличались от температур на минеральной

земле (супесь) следующим образом: (в скобках приводится наибольшее и наименьшее различие этих температур) различие на глубине 10 см – в мае в среднем $2,4^{\circ}$ ($0,9-5,5^{\circ}$), в июне $2,1^{\circ}$ ($0,5-4,0^{\circ}$), в июле $1,8^{\circ}$ ($0,6-3,7^{\circ}$), в августе $1,0^{\circ}$ ($0-2,9^{\circ}$) и в сентябре $0,2^{\circ}$ ($0,1-0,8^{\circ}$). Различие на глубине 20 см – в июне $2,8^{\circ}$ ($1,3-5,0^{\circ}$), в июле $2,3^{\circ}$ ($1,2-4,0^{\circ}$), в августе $1,2^{\circ}$ ($0,4-3,2^{\circ}$) и в сентябре $0,2^{\circ}$ ($0-1,0^{\circ}$). Верховое болото было почти всегда холоднее минеральной земли. Только в единичные годы на верховом болоте средние температуры почвы за сентябрь были немного выше (до 1°C), чем на минеральной земле.

Температура почвы на верховом болоте стабильнее, чем на минеральной земле. В 1952-1961 гг. с мая по сентябрь колебание средних дневных температур в почве (среднее трех наблюдений) на глубине 10 и 20 см было на верховом болоте Мянникъярве на $3-4^{\circ}$ ниже, чем на минеральной земле.

С июня по сентябрь верховое болото Мянникъярве было на всех измеряемых глубинах ($0,2$; $0,4$; $0,8$; $1,6$ и $3,2$) холоднее минеральной земли (супесь), в ноябре и декабре оно было теплее минеральной земли. В остальные месяцы положение зависело от сравниваемых глубин.

Наши данные подтверждают, что на верховом болоте температура верхнего слоя торфа 20-сантиметровой толщины зависит от растительного покрова, глубины залегания почвенно-грунтовых вод и микрорельефа верхового болота. Весной на температуру верхнего торфяного слоя оказывает влияние мерзлота. При наших измерениях никакой определенной закономерности во влиянии осушения на температуру почвы верхового болота не выявлено. В некоторые годы поверхностный слой торфа на неосушенном верховом болоте был несколько теплее, чем на осушенном верховом болоте, в другие годы положение периодически было противоположным – на осушенной почве немного теплее, чем на неосушенной почве. Температура в кочках больше зависит от погоды, чем в мочажинах. На участках с обнаженной поверхностью и на свежих гаях температура почвы на несколько градусов выше, чем в почвах, поросших вереском.

5. Промерзание и оттаивание торфа

Наши измерения показали, что песчаная минеральная почва промерзает обычно раньше и глубже, а весной, с наступлением теплой погоды, оттаивает быстрее, чем почва верхового болота. В одних и тех же пунктах наблюдения на верховом болоте и минеральной земле ход промерзания и оттаивания не был в каждом году одинаков. Зимой, когда глубокий снег лежит на мало замерзшей или вовсе не замерзшей земле, минеральная земля промерзает не глубже верхового болота. Встречаются единичные годы, в которые верховое болото промерзает немного глубже, чем минеральная земля. Бывают и случаи, когда в течение теплого периода, наступившего вслед за промерзанием земли, минеральная земля оттаивает, а верховое болото нет. Из сравнения данных гидрометеорологической станции Тоома за семь лет (1952-1958) видно, что за этот период выпало пять таких лет, в которые минеральная земля промерзала глубже, чем верховое болото, и шесть лет, когда она оттаивала весной раньше верхового болота; в одном году - оттаивание верхового болота и минеральной земли более или менее совпало во времени, но были два года, в которые верховое болото промерзло глубже, чем минеральная земля. Обыкновенно к маю минеральная земля уже вполне оттаивала, а в верховом болоте все еще удерживалась мерзлота. Средняя глубина промерзания в годы 1952-1958 на минеральной земле составляла 31 см, а на верховом болоте Мяникъярве в кочках 25 см и в понижениях 16 см. Мерзлота удерживается в кочках на 1-2 недели дольше, чем в понижениях.

На промерзание и оттаивание верхового болота влияет снег, который в значительной степени унифицирует температурные условия на поверхности почвы и препятствует промерзанию верховых болот. Высота снега на верховом болоте зависит от характера растительного покрова, в особенности от его высоты; на участках верхового болота с высокой растительностью снежный покров более мощный, чем на участках, где растительность более низкая. В тех частях верховых болот, где,

еще до наступления больших морозов, скопляется мощный слой снега, земля остается не замерзшей или промерзает меньше, чем на участках верховых болот, снежный покров которых тонок и периодически отсутствует. Наши измерения показали, что на сосново-кустарничковом верховом болоте почва промерзает на меньшую глубину, чем на открытом кустарничковом верховом болоте, а на открытом кустарничковом болоте она промерзает меньше, чем на мочажинном верховом болоте. Удаление дернины (вспашка верхового болота) уменьшает высоту снежного покрова и повышает глубину промерзания верхового болота.

Оттаивание верхового болота происходит как сверху, так и снизу. Обычно оттаивание снизу начинается раньше, но оно происходит не интенсивно; заметно сильнее оттаивает почва верхового болота сверху под влиянием тепла воздуха и солнечной радиации; именно сверху оттаивает весной больше половины (обычно две трети) промерзшего торфа верхового болота. Однако и здесь имеются свои исключения, проявляющиеся в те годы, когда весной из-за холода долго удерживается снежный покров.

По нашим данным, хотя долгое сохранение мерзлоты и создает на верховом болоте условия более неблагоприятные для роста деревьев, чем на минеральной земле, это не может служить препятствием для лесохозяйственного использования безлесных верховых болот. Измерения, проведенные нами в Эстонии, показывают, что в высокоплодородных лесных почвах мерзлота может удерживаться так же долго, или даже дольше, чем в почвах верховых болот.

6. Оценка микроклиматических условий открытых верховых болот в связи с их облесением

Сравнение фитоклимата открытых верховых болот и других местопроизрастаний Эстонии, где лесоразведение дает хорошие результаты, показывает, что безлесье верховых болот вызы-

вается не микроклиматическими условиями. Микроклиматические условия для возобновления и роста леса на открытых верховых болотах несколько лучше, чем на вырубках леса переходного болота. Различия в микроклиматических условиях между верховыми болотами и некоторыми местопроизрастаниями минеральных земель не имеют особенно важного лесоводственного значения, хотя условия на верховых болотах следует оценивать как несколько более суровые (в первую очередь, из-за более частых заморозков).

Мелиоративные мероприятия, применяемые при облесении открытых верховых болот (осушение, обработка почвы, удобрение), до некоторой степени изменяют их микроклимат; создают ли эти изменения благоприятные или неблагоприятные условия для роста деревьев, все же неясно. Можно предполагать, что изменения микроклимата в одних случаях оказывают на рост деревьев положительное, в других нейтральное или даже отрицательное влияние. После осушения максимальные и минимальные температуры становятся более экстремными, то же наблюдается на почве, подготовленной в виде небольших площадок (0,4-0,5 x 0,4-0,5 м); при сплошной обработке почвы температурные условия не ухудшаются.

Вполне ясно, что микроклиматические условия, образующиеся на мелиорированных открытых верховых болотах, никогда не бывают настолько неблагоприятными, чтобы лесохозяйственное использование этих болот стало невозможным.

1X ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ И ДИНАМИКА РОСТА ДЕРЕВЬЕВ НА ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ

1. Успешность естественного возобновления лесных деревьев и влияющие на него факторы

а) Естественное возобновление на неосушенных верховых болотах

Преобладающая порода на верховом болоте сосна, возобновляющаяся, главным образом, на кочках сфагновых мхов. Из анализа естественного возобновления выяснилось, что небольшие деревья (ниже 1 м) чаще растут на сфагновом покрове и на более высоких частях микрорельефа, чем большие деревья (высота выше 2 м). Это объясняется тем, что деревья, разрастаясь, затевают своими кронами нижние ярусы растительности, и требовательные к свету сфагновые мхи начинают отступать. В то же время торф под тяжестью больших деревьев начинает оседать и часть более низких кочек, где росли деревья, может при этом исчезнуть.

б) Влияние осушения, обработки почвы и удобрения на успешность естественного возобновления

Влияние осушения на рост деревьев на верховом болоте с глубоким слоем олиготрофного торфа и на верховом болоте с относительно тонким слоем олиготрофного торфа исследовалось на специально выбранных в этих местопроизрастаниях и пронумерованных соснах высотой в 0,2-3,5 м. Выяснилось, что годичный прирост деревьев по высоте, в результате интенсивного осушения, увеличивается на верховом болоте обычного типа и на верховом болоте переходного типа более или менее одинаково - приблизительно в 3 раза. Так как на верховом болоте переходного типа деревья и до осушения росли лучше, чем на верховом болоте с глубокой залежью олиготрофного тор-

фа, то после осушения разница в росте (в высоту) между деревьями этих двух типов местопроизрастания становится еще больше, чем до него.

Обработка почвы на наших опытных участках верхового болота с мощным слоем олиготрофного торфа стимулировала естественное возобновление лиственных пород, среди которых важнейшей породой является береза. На участках, где 11 лет назад была проведена сплошная вспашка, уничтожившая все деревья, теперь их растет во много раз больше, чем на не вспаханном верховом болоте, где процесс естественного возобновления протекает уже долгое время. Средняя высота деревьев при сплошной вспашке в три раза больше, чем на не вспаханном верховом болоте.

На вспаханных и удобренных участках число естественного возобновившихся деревьев больше и их рост значительно лучше, чем на вспаханных участках без удобрения. В частях осушенного верхового болота с глубокой залежью олиготрофного торфа, где производилась сплошная вспашка и удобрение сланцевой золой и МР-удобрением, естественное возобновление березовой протекало весьма успешно; чем сильнее удобряется верховое болото, тем лучше растут березы.

Следует отметить, что на вспаханных, осушенных и удобренных опытных участках можно встретить осину, возобновившуюся из семян. По-видимому, семена осины легко прорастают на верховом болоте, хотя она растет там не долго и вскоре погибает.

Однако и на вспаханном и хорошо удобренном верховом болоте перспективы для естественного возобновления сосны и других хвойных пород невелики; таких случаев, когда, после удобрения и обработки почвы, образовалось бы удовлетворительное возобновление хвойными породами, не наблюдалось на верховых болотах Эстонии. Культивировать сосну необходимо, поскольку она является важнейшей древесной породой при облесении верховых болот. Закладывая сосновые культуры, не следует забывать, что на удобренном верховом болоте число деревьев в дальнейшем увеличивается за счет естественного

возобновления березой, что создает предпосылки для выращивания смешанных сосново-березовых насаждений.

2. Динамика роста деревьев в вегетационный период и воздействующие на нее факторы

а) Факторы, влияющие на динамику роста деревьев

Начало и продолжительность вегетационного периода деревьев зависит от климата. По нашим наблюдениям, лиственные почки распускаются у березы в Северной Эстонии на одну - полторы недели позже, чем в Южной Эстонии. То же видно из результатов многолетних (несколько десятков лет) наблюдений, проведенных Эстонским обществом естествоиспытателей.

Распускание почек и начало роста деревьев весной в Эстонии зависит больше всего от тепла воздуха. Осадки и почвенные температуры (сохранение мерзлоты на верховом болоте) на начало роста деревьев существенно не влияют.

б) Сравнение сроков распускания листовых почек и хода роста деревьев на верховом болоте и минеральной почве

Из проведенных нами измерений и наблюдений видно, что рост сосен и берез начинается на верховом болоте и минеральной почве одновременно, или же, в некоторых случаях, он запаздывает на верховом болоте на 1-3 дня. Рост деревьев начинается на верховом болоте и минеральной почве более или менее одновременно, по всей вероятности, потому, что между верховым болотом и минеральной землей существенных различий в температуре воздуха не наблюдается. Даты, когда средняя суточная температура воздуха впервые превысит весной 10°C , а осенью превышает в последний раз 10°C , на верховом болоте и минеральной земле часто совпадают. В Эстонии листовые поч-

ки сосны и березы распускаются, когда средняя дневная температура воздуха приближается к 10°C ; к началу роста деревьев в высоту температура воздуха постоянно держится выше 15°C .

Между фенофазами деревьев и травянистых растений имеется определенная связь. Наши наблюдения показали, что распускание листовых почек сосны и березы можно обычно ожидать через неделю или две после начала цветения на минеральной почве селезеночника обыкновенного (*Chrysosplenium alternifolium*) и ветриницы дубравной (*Anemone nemorosa*), а на верховом болоте хамедафны болотной (*Chamaedaphne calyculata*). По сравнению с елью и березой, кульминация роста в высоту и по диаметру у сосны происходит раньше и период роста в высоту у нее короче.

Ход роста деревьев на верховом болоте отличается от хода роста деревьев, произрастающих на минеральной земле, главным образом, интенсивностью и продолжительностью роста. Вследствие низкого плодородия почвы, рост деревьев на верховом болоте медленнее и заканчивается раньше, чем на минеральной почве; чем беднее почва верховых болот питательными веществами, тем раньше заканчивается рост деревьев и тем менее он интенсивен. Так как на верховом болоте рост деревьев заканчивается раньше, то у них большая часть годовичного прироста по высоте и диаметру приходится на весну, чем у деревьев минеральной земли. Если повысить с помощью осушки и удобрения плодородие почвы верхового болота, период роста деревьев на нем удлинится, а их рост улучшится.

Х О РЕЗУЛЬТАТАХ ОСУШЕНИЯ СОСНЯКОВ НА ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ

1. Обзор литературных данных о результатах осушения сосняков на верховых болотах Эстонии

Площадь сосняков на верховых болотах занимает приблизительно одну треть общей площади верховых болот Эстонии. По данным Л.Лаасимер, сосново-кустарничковые болота занимают в Эстонской ССР 136000 га. Они встречаются в республике повсюду, но их больше всего в Северо-Восточной и Средней Эстонии.

Данных о результатах осушения верховых болот Эстонии в литературе немного. Однако на основании статей, опубликованных за последнее столетие, можно сделать все же некоторые предварительные обобщения. Так, можно утверждать, что осушение сосново-кустарничковых верховых болот дало лучшие результаты, чем осушение открытых верховых болот. Кроме того, чем продуктивнее до осушения был сфагновый сосняк, тем больше в нем прирост по объему после его осушения. Сравнительно лучшие результаты были получены при осушении сфагновых сосняков, в которых мощность торфяной залежи не превышала 1,5 м.

Больше имеется данных относительно результатов осушения сфагновых сосняков, моховых болот и сфагновых болот, расположенных вне Эстонии, в северной и северо-западной частях Европы. Соответствующие вопросы рассматриваются в работах многих авторов (Жудра, Жилинский, Кравчинский, Оппоков, Шабак, Бибилов, Лейвиков, Ефремов, Фомичев, Дубах, Эркин, Пьявченко, Вомперский, Буш, Елпатьевский, Смоляк, Купчинов, Писарьков, Сабо, Пятецкий, *Malmström, Lakkala, Multamäki, Huikari, Heikurainen* и др.). Обобщая эти работы, мы видим, что в северных и северо-западных районах Советского Союза осушением сфагновых сосняков V и Va бонитета можно повысить их бонитет на 1-3 класса, т.е. древостой может достичь после осушения III-IV класса бонитета. Результаты

осушения сфагновых сосняков зависят от мощности слоя олиготрофного торфа. Обыкновенно результаты осушения были плохими в том случае, когда мощность слоя олиготрофного торфа превышала 0,5-0,7 м. В Эстонии больше всего встречается сфагновых сосняков именно с такой мощностью слоя олиготрофного торфа.

2. Новые данные о результатах осушения сосняков на верховых болотах Эстонии

а) Методика и объекты исследования

Поскольку до сих пор в Эстонии изучались, главным образом, результаты осушения тех сфагновых сосняков, в которых мощность слоя олиготрофного торфа была ниже 0,5 м, а сведения относительно результатов осушения сфагновых сосняков, произрастающих на более мощном слое олиготрофного торфа, были весьма недостаточными, наше основное внимание было обращено именно на последние.

Чтобы выяснить результаты осушения сфагновых сосняков на торфах верхового типа, были выбраны 7 участков, на которых было заложено всего 26 пробных площадей. Одна пробная площадь всегда находилась у канавы в сфере влияния сильной осушки, тогда как другая или другие были расположены дальше от канавы, в менее осушенном или вовсе неосушенном болоте. На двух участках торф был мелкий (толщиной 0,7-1,0 м), на остальных пяти - глубокий торф верхового болота (толщина 2-5 м).

В диссертации описывается использованная методика и приводятся данные относительно всех пробных участков (размеры и расположение пробных площадей, время осушения, глубина канав и расстояние между ними, глубина залегания почвенно-грунтовых вод, мощность торфяной залежи, степень разложения торфа, ботанический состав торфа, зольность и pH торфа, краткая характеристика древостоя и др.).

б) Влияние осушки на растительный покров и почву

После длительного осушения сфагновых сосняков состав растений на верховых болотах не изменился, изменились лишь встречаемость и проективное покрытие некоторых видов растений. На длительно осушавшихся приканавных пробных площадях, по сравнению с площадями, расположенными дальше от канавы, увеличилось проективное покрытие лесных мхов, брусники и особенно явно черники, тогда как проективное покрытие сфагновых мхов, вереска, обыкновенной клюквы и морошки уменьшилось. Вследствие длительного осушения образуется новый тип леса - сосняк черничный на верховом болоте.

Данные химического анализа торфа показывают, что в верхнем слое торфа содержание питательных веществ выше, чем в нижнем. На девяти пробных площадях зольность слоя торфа на глубине 10-30 см составляла в среднем 3,2%, N - 1,0%, CaO - 0,35%, P_2O_5 - 0,11% и K_2O - 0,08%; а в нижнем слое торфа, на глубине 70-80 см, зольность равнялась - 1,6%, N - 0,8%, CaO - 0,29%, P_2O_5 - 0,05% и K_2O - 0,03%.

Во всех случаях содержание азота и зольных веществ в торфе на длительно осушавшихся участках было выше, чем в неосушенном торфе. На рассматриваемых площадях средняя зольность верхнего слоя торфа на глубине до 20 см вдвое выше, N - в 1,7 раза, CaO - в 2,2 раза, P_2O_5 - в 1,6 раза и K_2O - в 1,7 раза больше, чем в неосушенном торфе. Однако содержание питательных элементов в торфе повышается в результате осушения все же не настолько, чтобы обеспечить удовлетворительный рост деревьев на верховом болоте.

Результаты осушения верховых и переходных болот указывают на существование некоторой зависимости между зольностью торфа и классами бонитета, но наши результаты не совпадают с результатами исследований, проведенных некоторыми учеными в других частях северо-запада Советского Союза. В Эстонии сосняки на оптимально и долговременно осушенных торфяных болотах достигали III класса бонитета только там, где зольность торфа составляла 5% и более. Также и на тех боло-

тах, где содержание зольности торфа относительно велико (зольность торфа 8-10%), бонитет сфагновых сосняков, после их долговременного осушения, не выше III класса. На длительно осушенных болотах при 2-4%-тной зольности торфа бонитет составлял обычно V-Va или ниже этого. На основе опыта заложённых в Эстонии до сих пор пробных площадей можно предположить, что под влиянием длительного осушения сфагновые сосняки могут в конечном счете достигнуть максимально III бонитета и что более точной зависимости, чем отмеченная выше, между зольностью торфяных почв Эстонии и бонитетом установить невозможно.

в) Влияние осушки на ход роста и производительность сосняков

На верховых болотах с мощным слоем олиготрофного торфа растут только сосняки. При интенсивном осушении в составе древостоя может изредка встречаться также береза. Сомкнутость сосняков на неосушенных или слабо осушенных частях верховых болот обычно 0,5-0,6, на сильно осушенных его участках 0,6-0,7. Число деревьев обыкновенно велико. Мы никогда не видели на наших пробных площадях, чтобы в длительно осушенных сосняках на верховых болотах число деревьев на 1 га по краям канавы было меньше, чем в отдалении от канавы, как это наблюдается в сосняках на переходных болотах Эстонии. Подлесок в сфагновом сосняке на верховом болоте или отсутствует или редкий и состоит из кустообразных сосенок. На интенсивно осушенных частях верхового болота можно найти единичные деревца березы пушистой и ели. В подросте здесь обычные сосны, а в некоторых случаях подрост отсутствует.

Прирост по высоте, диаметру и объёму у сосен, растущих на глубоком торфе верхового типа (мощность торфяной залежи выше 2 м), явно повышался только на узкой, шириною в несколько десятков метров, приканавной полосе. На пробных площадях, расположенных дальше от канавы, влияние осушения на оживле-

ние прироста деревьев незначительно или отсутствует. На верховых болотах с тонкой (мощностью до 1 м) торфяной залежью прирост по высоте, диаметру и объему заметно улучшался также и в отдалении от канав, причем увеличение прироста деревьев на пробных площадях, расположенных ближе к канавам, начиналось раньше. Чем хуже были условия роста деревьев на верховом болоте перед осушением, тем меньше повышался прирост деревьев по высоте, диаметру и объему после осушения и тем уже была приканавная полоса, на которой осушение заметно влияло на рост деревьев.

На приканавных пробных площадях прирост деревьев увеличивается также и в старых, более чем 100-летнего возраста, сосняках на верховых болотах. По нашим данным не видно, чтобы на каком-либо осушенном верховом болоте из-за старости древостоя прирост по объему модельных деревьев начал бы заметно падать.

Если сравнивать влияние осушки на прирост сосны на верховом болоте и на переходном болоте в Эстонии, выясняется, что рост сосны на переходном болоте после осушения увеличивается больше и раньше, чем на верховом болоте. На верховых болотах с мощным слоем олиготрофного торфа влияние осушения на рост деревьев на расстоянии 40-50 м от канавы уже отсутствует; на переходных болотах с глубоким торфом производительность древостоя после осушки увеличивалась на этом же расстоянии от канавы в 2-3 раза.

На приканавных пробных площадях (на полосе шириною в 20-30 м) средняя высота сосняка, растущего на верховом болоте, была в 1,3-2,2 раза выше, а средний диаметр в 1,2-1,7 раза больше, чем на пробных площадях наиболее удаленных от канав. Разница в размерах деревьев и производительности сосняков между приканавными пробными площадями и пробными площадями, расположенными вдали от канав, меньше на маломощных торфяных залежах, чем на глубоких торфяных залежах. В старых сосняках, растущих на глубоком торфе верхового типа, средняя высота древостоя на приканавных пробных площадях колебалась между 7,0-15,4 м, а на самых удаленных от канав пробных площадях (вне сферы влияния осушения) между 4,9-

6,8 м. Средний диаметр на приканавных пробных площадях колебался между 9,2–17,0 см, а на пробных площадях, расположенных далеко от канав, между 6,4–10,2 см.

Наши данные показывают, что запас сосняка на верховом болоте увеличивается в результате осушения в общем в 2–3 раза. По исследованиям В.Хайнла, приблизительно во столько же раз повышается после осушения производительность сосняков на эстонских переходных болотах. Отсюда следует, что при равном возрасте сфагновых сосняков, более рентабельно осушать такие сосняки, производительность которых до осушения была больше. Чем выше производительность сфагнового сосняка до осушения, тем больший дополнительный прирост по объему можно ожидать после его осушения.

3. Оценка результатов осушения сосняков на верховых болотах Эстонии

Согласно нашим подсчетам, в результате осушения всех сосняков, произрастающих на верховых болотах Эстонской ССР, мы получали бы ежегодно дополнительно 150000–200000 м³ древесины. Мы полагаем, что при умелом удобрении верховых болот у нас повысился бы дополнительный прирост древесины еще в несколько раз. Но принимая во внимание рентабельность, в настоящее время еще неясно, является ли целесообразным осушение сосняков на верховых болотах. На верховом болоте после осушения сосняка класс бонитета повышается значительно меньше, чем на низинном или переходном болоте; рентабельность осушения древостоев низинного и переходного болота выше, чем верхового болота.

Из наших данных видно, что до осушения бонитет сосняков, произрастающих на верховых болотах, ниже Va. Через пятнадцать или более лет после осушения их бонитет повышается только на приканавных пробных площадях. По краям старых канав, на полосе шириною в 20–30 м, обычно растет сосняк Va бонитета (реже V). В некоторых случаях, когда ре-

зультаты осушения особенно плохи, бонитет сосняков даже и на приканавных пробных площадях, несмотря на долговременную осушку, продолжает быть ниже V_a .

По нашим исследованиям, в сосняках на осушенных верховых болотах общий бонитет ниже текущего бонитета. В работах ученых, где определялись оба бонитета, текущий бонитет тоже был несколько выше. По известным нам данным, профессор Тартуского университета А.Матийзен первый рекомендовал в 1928 году определять текущий бонитет осушенных лесов. Мы считаем, что более объективной является все же оценка результатов осушения на основании общего бонитета, причем при определении такого рода следует учитывать и хозяйственный возраст древостоя. Используя текущий бонитет (определенный на основании высоты деревьев и их прироста по высоте), мы переоцениваем результаты осушения.

При сравнении наших данных с данными других авторов, описывающих изменение бонитета в результате осушения сосняков на верховых болотах в других местах северных и северо-западных районов Советского Союза, бросается в глаза, что в отношении повышения класса бонитета наши оценки несколько более умеренные. Из сравнения наших данных с данными В.Хайнла относительно изменения бонитета сосняков на переходных болотах Эстонии видно, что на переходных болотах влияние осушения на повышение бонитета заметно сильнее и простирается от канавы дальше, чем на верховом болоте. В Эстонии на длительноосушенных переходных болотах у края канавы растут сосняки III бонитета, на расстоянии 100-120 м - сосняки IV (реже V) бонитета и на расстоянии 150-170 м от канавы - сосняки V (реже IV) бонитета. По нашему мнению, самым действенным средством для повышения производительности сосняков, растущих на осушенных болотах, является их удобрение.

Х1 О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1. Обзор литературных данных о результатах обле- сения открытых верховых болот

В мировой литературе немного работ, посвященных выяснению возможностей лесохозяйственного использования открытых верховых болот. По литературным сведениям (Guillebaud, Markus, Macdonald, Zehetmayr, Dittrich, Thurmann-Moe, Attenberger, Meschechok, Edwards, O'Caroll, Bergström, Heikurainen, Päävönen, Serpälä и др.) заслуживают внимания опытные культуры на олиготрофных торфяных почвах в Англии, Германской Федеративной Республике и в Скандинавских странах. Наибольший интерес представляют опытные культуры на верховых болотах Швеции; хороший обзор этих культур дает шведский болотовед К.Мальмстрем. По его данным, открытые верховые болота после интенсивного и длительного осушения по-прежнему остаются безлесными; их растительный покров также существенно не меняется. Новых, несвойственных верховым болотам, видов растений не появляется. После удобрения опытных участков древесной золой или смесью минеральных удобрений (содержит те же питательные элементы, что и древесная зола) растительный покров изменился и пробные площади поросли березами. Удобрение золой дало лучшие результаты там, где торф содержал больше азота. На верховых болотах с малым содержанием азота в торфе оказалось необходимым давать в добавление к древесной золе еще и азотное удобрение. Весьма существенным оказалось повышение в торфе запасов фосфора. Из опытов в Швеции выяснилось, что удобрение верхового болота дает хорошие результаты только на его осушенных участках.

В Советском Союзе единственные известные нам опытные культуры на верховых болотах с глубоким слоем олиготрофного торфа находятся в Эстонии. Самые обширные опытные культуры

расположены на верховом болоте Раа у города Таллина и на верховом болоте Ряама у города Пярну; третий небольшой опытный участок находится на верховом болоте Мянникъярве в Средней Эстонии. Все опытные культуры располагаются на кустарничковых верховых болотах с мощным слоем олиготрофного торфа.

Закладка опытных культур на верховых болотах была начата в Эстонии, так сказать, на пустом месте. Отсутствовали данные относительно господствующих на верховых болотах лесорастительных условий, нам ничего не было тогда известно и об опыте зарубежных ученых. Все это стимулировало заложение новых вариантов опытных культур. Приобретая постепенно опыт и учитывая выявившиеся в ходе изучения лесорастительных условий на верховых болотах новые данные, мы заложили (начиная с 1953 г. и до 1966 г.) более 100 разных вариантов опытных культур.

2. Об опытных культурах на открытых верховых болотах Эстонии

а) Общая характеристика опытных участков (вариантов)

В диссертации представлены различные многообразные данные относительно опытных участков. Детальные данные приводятся относительно химического состава торфа, осушения, обработки почвы, культивирования леса и удобрения каждого опытного варианта.

б) В диссертации описывается методика, использованная для оценки результатов опытных культур, и приводятся сводные данные измерения опытных культур в 1967 г.

в) Влияние осушения на рост лесных культур

Наши данные подтверждают, что, при других равных условиях, лесные культуры растут на сильно осушенных верховых

болотах значительно лучше, чем на неосушенных. Соответствующие данные приводятся в таблице 8.

Таблица 8

Средняя высота (см) сосновых культур 15-летнего возраста на хорошо осушенных и неосушенных опытных участках верхового болота Раэ

Метод куль- тивирования	Осушение	Средняя высота (см) $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	v %	P%
Посадка	осушенная почва	192 $\pm$ 4,5	25	2,3
	неосушенная почва	147 $\pm$ 3,6	27	2,4
Посев	осушенная почва	126 $\pm$ 5,2	38	4,1
	неосушенная почва	79 $\pm$ 3,0	39	3,8

На верховом болоте Раэ, так же как и на верховом болоте Ряама, благоприятное влияние осушения на рост деревьев было вполне очевидным. Но одновременно в ходе наших опытов выяснилось, что с помощью одного только осушения нельзя произвести облесение открытых верховых болот с мощным слоем олиготрофного торфа. Судя по ходу роста деревьев в опытных культурах, можно предполагать, что в самом лучшем случае на верховых болотах Раэ и Ряама сосновые культуры без удобрения формируются на интенсивно осушенных опытных вариантах (в конечном результате) в чахлый сосняк, а культуры ели и березы с течением времени гибнут. Для облесения открытых верховых болот следует, помимо их осушения, применять и другие мероприятия, повышающие плодородие почвы.

г) Влияние подготовки почвы на рост лесных культур

Из наблюдений за ходом роста опытных культур в Эстонии выясняется, что обработка почвы на верховом болоте стимули-

рует рост лесных культур, естественное возобновление деревьев, а также облесение верхового болота. Чем большая часть почвы обработана, тем лучше растут деревья и тем легче протекает облесение верхового болота. При культивировании леса на верховом болоте Раэ, при сплошной вспашке почвы, были получены лучшие результаты, чем при частичной ее обработке. Это объясняется тем, что сплошной обработкой почвы на некоторое время уничтожается весь растительный покров целиком, а при частичной обработке почвы (площадки, борозды, полосы и т.д.) уничтожается только часть растительности (обычно 15-30%). На почвах после сплошной вспашки отсутствуют, по крайней мере вначале, моховой, травяной и кустарничковый ярусы; растения этих ярусов в большом количестве используют необходимые деревьям питательные вещества. Из-за бедности торфов верхового типа питательными веществами, дефицит питательных солей у деревьев на покрытых растительностью участках верхового болота больше, чем на участках, где растительный покров отсутствует. На полное восстановление растительного покрова на верховом болоте (после его сплошной вспашки) уходит около 10 лет. За это время лесные культуры уже настолько выросли, что начинают затенять поверхность земли, и этим препятствуют распространению светолюбивых растений верхового болота.

д) Влияние удобрения на рост лесных культур

Изучив почвы верховых болот и ход роста деревьев опытных культур, мы выяснили, что с помощью одних только лесоводственных приемов (осушение, обжигание верхового болота, обработка почвы) невозможно повысить плодородие почвы открытого верхового болота в такой мере, чтобы оно обеспечивало удовлетворительный рост деревьев, и что без внесения удобрения нельзя облесить открытое верховое болото. Многие ученые приводят данные о благотворном влиянии удобрения на лесные культуры, произрастающие на олиготрофных торфяных почвах

(Malmström, Zehetmayr, Wittich, Hausser, Huikari, Thurmann-Moe и др.).

Влияние сланцевой золы на рост деревьев

В Эстонии в сельском хозяйстве из известковых удобрений наиболее широко применяется сланцевая зола, в которой, кроме CaO , имеются еще и другие необходимые растениям элементы. Влияние сланцевой золы на рост сосны, ели и березы можно проследить в заложенных на верховом болоте опытных культурах.

Наши данные не вносят ясности в вопрос о целесообразности удобрения почв верховых болот сланцевой золой, так как в одних случаях оно давало положительный эффект, в других — нет. По-видимому, характер воздействия сланцевой золы на рост деревьев зависит здесь от конкретных условий место-произрастания и от химического состава и структуры сланцевой золы; однако влияние сланцевой золы на рост деревьев ни в одном случае не было отрицательным. Вполне ясно, что для облесения открытых верховых болот не достаточно осушения, обработки почвы и удобрения одной только сланцевой золой. Поскольку сланцевую золу следует вносить в больших объемах, расходы по транспорту и удобрению сравнительно велики, что делает сомнительной целесообразность такого удобрения.

На верховых болотах Эстонии деревьям больше всего недостает азота и фосфора. В сланцевой золе фосфора очень мало, азот же совершенно отсутствует. Возможно все же, что с течением времени в торфе верхового типа часть из неусваиваемых растениями соединений азота под воздействием сланцевой золы превращается в доступные для деревьев азотные соединения. Возможно также, что другие минеральные удобрения на фоне сланцевой золы более активно влияют на рост деревьев, чем без нее.

При сельскохозяйственном использовании эстонских верховых болот оказалось необходимым применять сланцевую золу

вместе с другими минеральными удобрениями; является ли это необходимым также и при выращивании лесов на верховых болотах?

Влияние азотных и фосфорных удобрений на рост деревьев на фоне сланцевой золы и без нее

Наблюдения в опытных культурах на верховых болотах Раа и Ряама подтверждают правильность выводов, сделанных нами на основании изучения почв верховых болот: рост деревьев на верховом болоте больше всего задерживается из-за недостаточности в торфе доступных деревьям соединений фосфора и азота. Сосна, ель и береза хорошо растут только на тех вариантах, где внесено фосфорное и азотное удобрения. Результаты наших опытов убедительно доказывают, что в тех случаях, когда нет возможности произвести основательное удобрение верховых болот (с глубоким слоем олиготрофного торфа) фосфором и азотом, не имеет смысла включать их в лесохозяйственную эксплуатацию. Удобрение верхового болота одним только фосфором приносит значительно меньше пользы, чем удобрение фосфором и азотом.

На наших опытных культурах верхового болота Ряама в течение первых десяти лет влияние фосфорного и азотного удобрений на деревья было сильнее на фоне сланцевой золы, чем без нее (табл. 9). Сосновые и березовые культуры, в которых было проведено удобрение сланцевой золой, азотом и фосфором, до сих пор растут так же хорошо, как на самых лучших лесных почвах.

Нормы и способы внесения удобрения

Давать исчерпывающие инструкции относительно норм и способов удобрения для облесения открытых верховых болот было бы опрометчиво. Мы прежде всего пытались выяснить опыт-

Таблица 9

Средняя высота посадки сосны, ели и березы восьмилетнего возраста на почве, удобренной сланцевой золой и NP -удобрениями, на неудобренной почве и на почве удобренной NPKCaCu -удобрениями (на верховом болоте Ряма)

№ серии и варианта	Удобрение	Степень осушения	Сосна			Ель			Береза		
			Высота (см) $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Здоровые деревья %	Уاخ- лые де- ревья %	Высота (см) $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Здоровые де- ревья %	Уاخ- лые де- ревья %	Высота (см) $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Здоровые де- ревья %	Уاخ- лые де- ревья %
I-4	Сланцевая зола и NP -удобрения	Высокая	215 $\pm$ 4,8	100	0	148 $\pm$ 5,9	86	14	432 $\pm$ 11,4	100	0
II-4	Неудобренная почва	- "	101 $\pm$ 3,4	36	64	46 $\pm$ 1,9	2	98	125 $\pm$ 8,9	17	88
III-4	NPKCaCu -удобрения	- "	191 $\pm$ 3,9	98	2	110 $\pm$ 6,4	64	36	299 $\pm$ 9,8	100	0
IV-4	Неудобренная почва	Низкая	62 $\pm$ 2,2	4	96	38 $\pm$ 1,5	0	100	62 $\pm$ 5,5	0	100

ным путем от каких удобрений больше всего зависит рост деревьев на верховом болоте. Несомненно существуют лучшие возможности удобрения лесных культур на верховых болотах, чем те, которыми пользовались до сих пор на опытных участках в Эстонии. Для выяснения более целесообразных способов и норм удобрения необходимы в дальнейшем дополнительные исследования. В диссертации обобщается опыт по удобрению лучших вариантов опытных культур на верховых болотах Мянникъярве, Раа и Ряама, при этом учитываются и литературные данные.

Из наших предварительных данных видно, что фосфорное удобрение следует вносить до обработки почвы, чтобы оно смешивалось с поверхностным слоем торфа. Из доступных в Эстонии фосфорных удобрений наиболее перспективна смесь суперфосфата с фосфоритной мукой. Ориентировочная норма удобрения - P_2O_5 100-200 кг/га. В случае, когда удобрение вносится на уже заложенную культуру, рекомендуется давать его в виде поверхностного удобрения вокруг каждого растения (около 10-20 г P_2O_5 на одно растение).

Сланцевую золу желательно вносить после обработки почвы в виде сплошного поверхностного удобрения. По нашим наблюдениям, смешивание сланцевой золы с поверхностным слоем торфа давало не лучшие результаты, чем поверхностное удобрение сланцевой золой. Сланцевой золы можно вносить больше нормы, установленной по гидрологической кислотности торфа, ориентировочно 10-20 т на га. Нам кажется, что для облесения открытых верховых болот удобрение сланцевой золой не обязательно.

Посадкам азотное удобрение желательно давать не раньше второй весны после закладки культур, а на посевы его следует вносить в первый же год, сразу после появления всходов. Удобрение насыпалось нами вокруг деревьев, ориентировочно 5-10 г действующего вещества азота на каждое. В культурах сосны и березы, в фазе близкой к смыканию или после него, целесообразно производить сплошное удобрение. Подходящей нормой мы считаем N - 70-120 кг/га.

На опытных культурах в Раэ и Ряама применялись аммиачная селитра, натриевая селитра и нитрофоска (в зависимости от того, что можно было достать). Из наших опытов не выяснилось преимущество какого-либо одного азотного удобрения перед другими. Вследствие большего содержания азота, лучшим из использованных нами удобрений следует считать аммиачную селитру (содержит 33-34% азота).

По первоначальным наблюдениям заключаем, что азотное удобрение больше влияет на ель и березу, чем на сосну, и что удобрение азотом через несколько лет (до смыкания крон) целесообразно повторить. Наиболее подходящим временем для удобрения азотом был май. Влияние фосфорного удобрения оказывается более продолжительным. Действительно, фосфорное удобрение не следует повторять ранее, чем через 10 лет. По литературным сведениям, его влияние действует в продолжении 20 лет.

Надо ли вносить в почвы верховых болот также калийные удобрения, неясно, поскольку в Скандинавских странах они в некоторых случаях давали хорошие результаты, у нас же не приносили пользы.

При удобрении верховых болот сланцевой золой (сланцевая зола содержит 1-5% K_2O) не требовалось вносить специальные калийные удобрения. Когда же вместо сланцевой золы применяются другие известковые удобрения, калийное удобрение может в некоторых случаях оказывать благоприятное действие. Ориентировочная норма удобрения - K_2O 50-100 кг/га.

По литературным данным, на рост деревьев на торфе верхового типа оказывают стимулирующее влияние удобрения магнием, медью, бором и марганцем, а также добавление лесной почвы и песка. Учитывая результаты опытов, проведенных в Эстонии, можно согласиться, что перечисленные выше удобрения, а также добавление лесной почвы и песка, могут благотворно влиять на рост деревьев, но их полезное действие относительно невелико. В результате удобрения лесной почвой и песком рост сосен в опытных культурах на верховом болоте Раэ так мало улучшился, что затраты на это удобрение себя не оправдали.

е) Выбор древесных пород

При облесении открытых верховых болот наиболее перспективными видами деревьев являются сосна обыкновенная и береза бородавчатая; нами были заложены опытные культуры и елью обыкновенной. Сосну и ель следует культивировать, береза появляется в обилии на вспаханных, хорошо осушенных и удобренных участках верхового болота путем естественного возобновления. На хорошо осушенных и удобренных участках верховых болот береза в молодом возрасте растет заметно быстрее сосны и ели. Березы, по сравнению с хвойными деревьями, имеют еще и то преимущество, что они могут возобновляться после пожара вегетативным путем. Однако надо учитывать, что береза может хорошо расти на верховом болоте лишь тогда, когда оно основательно осушено и удобрено. В тех случаях, когда на верховом болоте нельзя обеспечить хорошее удобрение, следует березе предпочитать сосну, которая является наиболее пригодной древесной породой при облесении открытых верховых болот Эстонии.

Облесение открытых верховых болот сосной и березой производится, главным образом, с эстетическими и гигиеническими целями. При выращивании на верховых болотах ели исходят в основном из экономических соображений. Выращивание на верховых болотах новогодних елок может приносить большой доход. При выращивании елок особенно важно сильное азотное удобрение. Несмотря на то, что случавшиеся через каждые 3-4 года заморозки задерживали рост елей, мы считаем, что выращивание новогодних елок на верховых болотах Эстонии вполне реальная задача.

ж) Остальные вопросы, связанные с культивированием леса

В опытных культурах на верховых болотах Раэ и Ряма посадки сосны, ели и березы всегда давали лучшие результа-

ты, чем посевы; лучше была приживаемость посадок, а также их рост и прирост в высоту.

Наши исследования в опытных культурах показали, что наиболее целесообразно сажать сосну под клин 2-летними сеянцами; таким же способом можно сажать березу. Дикие березовые растения высаживаются на опытных участках Эстонии посадкой с глыбкой. Еловые посадки наиболее перспективно производить 4-летними саженцами в выкопанные лопатой ямки. Посадка ели 2-летними сеянцами давала плохие результаты.

з) Облесение открытых верховых болот с предварительным использованием их в сельском хозяйстве

Открытые верховые болота до их облесения могут быть использованы в качестве сельскохозяйственных угодий; особенно хорошие результаты были получены при выращивании на них клевера. Клевер обычно держится на верховом болоте четыре года, затем на клеверище вторгаются злаковые; такие участки уже имеет смысл использовать как лесные земли. Березки, появляющиеся на этих клеверищах путем естественного возобновления, в молодом возрасте растут хорошо. На верховом болоте Раз на таком варианте опытных культур (посев клевера) хорошо росли также ели.

В результате сельскохозяйственного использования на верховом болоте формируются новые условия для роста деревьев (особенно радикально изменяется почва), которые, удерживаясь в течение более продолжительного времени, создают предпосылки для роста леса.

3. Выращивание на верховом болоте посадочного материала

В диссертации рассматриваются результаты наших опытов по выращиванию посадочного материала на верховых болотах с

мощным слоем олиготрофного торфа.

Из опытов, проведенных в 1964-67 гг. в питомниках на верховых болотах, выяснилось, что состояние 2-летних сеянцев сосны и ели на сильно осушенных и удобренных азотом и фосфором верховых болотах не хуже, чем на минеральной земле. Выход сеянцев, при равной норме высева и при одинаковом качестве семян, на верховом болоте значительно больше, чем на минеральной земле. Поскольку на верховом болоте посевы не нуждаются в поливке и прополке, потребность в рабочей силе здесь гораздо меньше, чем в питомниках на минеральной земле. Себестоимость 2-летних сеянцев сосны и ели на верховом болоте была в 4-5 раз меньше, чем в питомниках на минеральной почве. Несмотря на то, что корневая система у сеянцев, выращенных на верховом болоте, слабее (менее развита), чем у сеянцев из питомников на минеральной земле, посадки сеянцами с верхового болота давали не худшие результаты, чем посадки сеянцами, выращенными на минеральной почве. При оценке осенью 1967 года культур, заложенных весной 1966 года, выяснилось, что сеянцы сосны и ели, выращенные на верховом болоте, можно с успехом использовать для облесения минеральных почв. По нашим наблюдениям, различия в корневой системе не имеют большого значения для последующего развития деревьев. Уже в течение первого года после высаживания в минеральную почву корневая система деревьев, выращенных на верховом болоте, радикально изменяется и различия, наблюдавшиеся ранее в корневой системе между деревцами, выращенными на верховом болоте и минеральной почве, исчезают.

Наши опыты показали, что выращенные на верховом болоте 2-летние сеянцы ели целесообразно перешколировать ни на верховое болото, ни на минеральную почву. Вероятно, правильнее выращивать на верховом болоте 3-летние сеянцы ели, которые могут достигать там достаточно больших размеров (конечно, лишь в том случае, если в годы их роста они не повреждались заморозками), и сразу же вводить их в культуры. Из опытов, заложенных нами в сотрудничестве с Таллинским лесхозом, видно, что на полях добычи фрезерного торфа, удобренных азотом

и фосфором, могут успешно расти также и многие лиственные породы (береза, кизильник блестящий, шиповник обыкновенный и др.), малочувствительные к заморозкам. Опасность заморозков на верховом болоте следует учитывать. Сильные заморозки причиняли в некоторые годы значительный вред посадочному материалу ели и сосны.

Сколько лет имеет смысл выращивать на верховом болоте посадочный материал, не ясно. Возможно, что при более длительном сроке в питомник на верховом болоте проникнут сорняки, что затрудняет выращивание посадочного материала и повышает его стоимость. Необходимо выяснить, каким путем можно уменьшить на верховом болоте вред, причиняемый заморозками древесным растениям, и посадочный материал каких древесных пород выгоднее выращивать на верховом болоте, а не на минеральной почве, а также, каким образом наиболее рационально организовать удобрение в питомниках на верховых болотах. Весь наш опыт по выращиванию посадочного материала на верховом болоте доказывает, что эти вопросы заслуживают дальнейшего изучения.

4. Оценка возможностей использования открытых верховых болот в лесном хозяйстве

Проведенные в Эстонии исследования и опыты с целью выяснения возможностей использования открытых верховых болот в лесном хозяйстве доказывают, что верховые болота с глубоким слоем олиготрофного торфа могут эксплуатироваться в лесном хозяйстве. Разумеется, вначале следует отказаться от эксплуатации верховых болот, на которых в обилии встречаются вторичные озера и мочажины. Открытых верховых болот и сосново-кустарничковых верховых болот, пригодных для эксплуатации в виде лесных земель, насчитывается в Эстонской ССР больше 100000 га.

Создавая на верховом болоте возможности для роста леса, следует радикально изменить господствующие на нем лесорастительные условия. Для облесения открытых верховых болот не-

обходимо прежде всего произвести их осушение и удобрение азотом и фосфором; если же это невозможно, то нет смысла и эксплуатировать их в качестве лесных земель.

В связи с дефицитностью удобрений для лесохозяйственных работ, в настоящее время использование верховых болот в лесном хозяйстве в больших масштабах невозможно. В течение ближайших десятилетий это узкое место, по всей вероятности, будет ликвидировано.

Естественно, что эксплуатация в широких масштабах верховых болот в качестве лесных земель не будет приниматься в расчет прежде, чем будут использованы все другие, более плодородные, чем верховые болота, но до сих пор не использованные земли. Можно не сомневаться также, что с каждым годом приближается время, когда наступит очередь верховых болот. Уже сейчас в Эстонии на повестке дня стоит облесение верховых болот, расположенных в окрестностях городов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы наших исследований следующие:

1. Накопление торфов верхового типа началось в Эстонии в атлантическом климатическом периоде, около 6500 лет назад. С тех пор процесс образования верховых болот протекает непрерывно до настоящего времени.

Относительно большая скорость прироста торфа верхового типа была в периоды, протекавшие 1200-1700, 3200-4000 и 5800-6500 лет назад. Можно предполагать, что в эти периоды в Эстонии выпадало много осадков, которые в свою очередь могли способствовать образованию вторичных озерков на некоторых верховых болотах.

В течение последнего тысячелетия скорость прироста торфа, по сравнению с предшествующим периодом уменьшилась, что следует объяснить улучшением за последнее тысячелетие климатических условий. В настоящее время снижение скорости при-

роста торфа и образование новых верховых болот обусловлено деятельностью человека.

2. Природное разнообразие эстонских верховых болот весьма велико, они обладают неодинаковой лесохозяйственной ценностью. Учитывая перспективы использования верховых болот в лесном хозяйстве, целесообразно разделить их по признакам почвы и растительного покрова на типы верховых болот.

3. Экологические условия, господствующие на верховых болотах, могут выдерживать только немногие растения, поэтому флора верховых болот бедна по видовому составу. Наибольшую частоту встречаемости и самое большое покрытие имеют на верховом болоте сфагновые мхи. Они являются важнейшими торфообразователями, быстрый прирост этих мхов угнетает рост деревьев на верховом болоте. При облесении открытых верховых болот необходимо пользоваться способами, уничтожающими сфагновые мхи или же в заметной мере ограничивающими их прирост.

4. Изменения в растительном покрове, происходящие в результате обжигания, обработки почвы и осушения верховых болот с мощным слоем олиготрофного торфа, дают основание заключить, что условия для роста леса на верховом болоте улучшаются в этом случае лишь незначительно.

На осушенном верховом болоте, вслед за его удобрением, наряду с растениями верхового болота, появляется большое количество травянистых растений, несвойственных верховым болотам.

На верховом болоте наблюдается определенная зависимость между улучшением роста деревьев и инвазией растений минеральной земли; чем больше на верховом болоте встречается нетипичных для него растений, тем лучше растут деревья.

5. Из древесных пород на верховых болотах наиболее широко распространена только сосна обыкновенная. Болотную сосну (*Pinus silvestris* var. *nana* Pallas) следует рассматривать как почвенный экотип сосны обыкновенной. В результате осушения верхового болота улучшается рост болотной

сосны, заметно увеличиваются размеры ее шишек и вес семян.

Судя по росту культур, заложенных на минеральных землях в Эстонии семенами сосны, выросшей на верховом болоте, можно заключить, что болотная сосна не обладает специфическими плохими наследственными свойствами.

6. Ни в одном типе лесорастительных условий в Эстонии не существует такой низкой концентрации минеральных питательных веществ в почве, как на верховых болотах с мощным слоем олиготрофного торфа. Осушением и обжиганием верховых болот невозможно повысить содержание питательных элементов в почве до размеров, обеспечивающих на них нормальный рост деревьев.

7. Приблизительную оценку плодородия почвы верхового болота можно производить на основании растительного покрова. Высшие таксономические единицы классификации растительных сообществ являются лучшими индикаторами почвенных свойств, чем низшие ее единицы.

В сфагновых сосняках содержание азота и фосфора в поверхностном слое торфа, где располагаются корни деревьев, в среднем в два раза выше, чем в торфе безлесного верхового болота. Ясной корреляции между ростом деревьев и остальными исследуемыми нами агрохимическими показателями почвы (зольность торфа, pH, содержание K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 и SiO_2 в торфе) не было обнаружено.

На открытых верховых болотах кустарничкового типа запас наиболее важных для роста деревьев питательных элементов, азота и фосфора, в торфе значительно больше, чем в типах верховых болот с обилием мочагин и вторичных озерков. Так как в почве плохо осушаемых верховых болот с мочажинами и озерками концентрация питательных элементов самая низкая, их не имеет смысла включать в лесохозяйственную эксплуатацию. Для лесохозяйственного использования более пригодны легче осушаемые и обладающие большим потенциальным плодородием кустарничковые верховые болота.

8. Из почвенных анализов выяснилось, что судить о плодородии почвы верхового болота только по содержанию зольности в

торфе нельзя, так как определенная связь между зольностью торфа и содержанием в нем важнейших минеральных питательных элементов отсутствует. Повышение зольности торфа на верховом болоте, главным образом, обусловлено повышением содержания SiO_2 в торфе.

9. Уровень почвенно-грунтовой воды на верховом болоте близок к его поверхности. Почвенно-грунтовая вода не только снабжает деревья питательными элементами, но периодически также является средой для их корней. Ближе всего к поверхности земли уровень почвенно-грунтовых вод бывает весной, в начале вегетационного периода. Небольшая глубина залегания почвенно-грунтовых вод вызывает поверхностность корневой системы у болотной сосны.

На глубину почвенно-грунтовой воды оказывает влияние растительный покров. На безлесном верховом болоте почвенно-грунтовая вода ближе к поверхности земли, чем в сфагновом сосняке.

Химический анализ почвенно-грунтовой воды доказывает, что грунтовая вода на верховом болоте по своим свойствам неблагоприятна для роста деревьев. Важнейшими предпосылками для улучшения лесорастительных условий на верховом болоте является снижение уровня почвенно-грунтовых вод и удобрение почвы.

10. При сравнении фитолимата открытых верховых болот и других местопроизрастаний, где лес хорошо возобновляется и вполне удовлетворительно растет, выяснилось, что микроклиматический режим вообще не может служить причиной безлесности открытых верховых болот.

Мелиоративные мероприятия, применяемые при облесении открытых верховых болот (осушение, обработка почвы, удобрение), изменяют в известной мере их фитолимат; однако микроклиматические условия, образующиеся на мелиорированных безлесных верховых болотах, не бывают настолько неблагоприятными, чтобы лесохозяйственное использование этих болот стало бы невозможным.

11. Рост сосен и берез начинается на верховом болоте и на минеральной почве одновременно, или же, в некоторых

случаях, он запаздывает на верховом болоте на несколько дней. Из-за низкого плодородия почвы деревья растут на верховом болоте медленнее и рост у них заканчивается раньше, чем на минеральной почве; чем менее плодородна почва верхового болота, тем раньше прекращается на нем рост деревьев и тем этот рост слабее.

12. В результате осушения на верховом болоте улучшается рост деревьев. Чем хуже были условия роста деревьев перед осушением, тем уже прикапанная полоса, где улучшается рост сосняков после осушения. Осушение сфагновых сосняков дает лучшие результаты, чем осушение безлесных верховых болот.

13. В длительно осушенных сфагновых сосняках содержание азота, фосфора, калия и кальция в поверхностном, корнеобитаемом слое торфа почти в два раза выше, чем в торфе неосушенных сфагновых сосняков. Однако повышение содержания питательных элементов в торфе под влиянием осушения является все же недостаточным для удовлетворительного роста сосняков на осушенном верховом болоте.

Под влиянием длительного и интенсивного осушения эстонских сфагновых сосняков их запас увеличивается обыкновенно в 2-3 раза. Если до осушения класс бонитета у сосняков, растущих на болотах с глубоким слоем торфа верхового типа, был ниже Va , то после долговременной и интенсивной осушки его бонитет будет $V-Va$ или же остается по-прежнему ниже Va . Для того, чтобы радикально улучшить рост сосняков на верховом болоте с мощным слоем олиготрофного торфа, необходимо, кроме интенсивной осушки, проводить также и удобрение почвы.

14. Безлесные верховые болота с глубоким слоем олиготрофного торфа, на которых отсутствуют мочажины и озерики, могут использоваться в лесном хозяйстве. Для этого на верховом болоте надо основательно изменить условия роста деревьев, то есть, следует в первую очередь его осушить и внести азотное и фосфорное удобрение.

Обработка почвы стимулирует рост молодых лесных культур на верховом болоте. Чем радикальнее обработка почвы, тем

лучше растут молодые деревья. При равных остальных условиях, посадки растут лучше, чем посевы.

На вспаханных, удобренных и осушенных верховых болотах в обилии возобновляется естественным путем береза; чем сильнее было удобрено верховое болото, тем лучше она возобновляется и растет.

Естественное возобновление сосны мало перспективно даже на хорошо вспаханных, удобренных и осушенных верховых болотах. Сосну обыкновенную необходимо культивировать, так как она является главной древесной породой при облесении эстонских верховых болот. При закладке сосновых культур следует учитывать, что на осушенном и удобренном верховом болоте число деревьев в будущем возрастет за счет естественного возобновления березой.

В том случае, когда на верховых болотах с мощным слоем олиготрофного торфа невозможно провести осушение и удобрение азотом и фосфором, не имеет смысла включать их в лесохозяйственную эксплуатацию.

Насколько использование открытых верховых болот в лесном хозяйстве экономически выгодно, сейчас еще трудно сказать. Нам кажется, что в настоящее время это возможно только в ограниченной мере.

Исследования, проведенные на эстонских верховых болотах показывают, что при помощи хозяйственной деятельности человека имеется возможность существенно улучшить условия роста деревьев на верховых болотах и увеличить таким образом лесную площадь за счет верховых болот.

Содержание диссертации опубликовано в следующих работах и статьях:

1. О проблеме облесения безлесных верховых болот (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). Известия Академии наук Эстонской ССР, т. V. Серия биологическая, 1956, № 3, стр. 226-239.
2. О возможностях облесения безлесных верховых болот (на эст. языке). В сб.: "*Metsamajanduslase teadusliku sessiooni materjalid*" (Материалы научной сессии по вопросам лесного хозяйства). Тарту, 1956, стр. 19-21.
3. Использование верховых болот в сельском и лесном хозяйстве (на эст. языке). В журн.: "*Sotsialistlik Põllumajandus*" (Социалистическое сельское хозяйство), 1956, № 1, стр. 32-34.
4. Об опытах облесения открытых верховых болот (на эст. языке). В сб.: "*Metsakuivenduslase teadusliku nõupidamise materjalid*" (Материалы научного совещания по вопросам лесной осушительной мелиорации). Тарту, 1957, стр. 42-50.
5. О генезисе верхового болота Керрети (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). Известия Академии наук Эстонской ССР, т. VI. Серия биологическая, 1959, № 1, стр. 72-77. Соавтор Х.Валк.
6. О микроклимате безлесных верховых болот (Лесоводственно-экологическое исследование) (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). Ежегодник Общества естествоиспытателей, 1958, т. 51. Таллин, 1958, стр. 83-106.
7. О лесо- и сельскохозяйственных проблемах использования безлесных верховых болот в Эстонии. Труды Института леса Академии наук СССР, т. 49. Москва, 1959, стр. 103-112.
8. Безлесные малопродуктивные земли у города Таллина и возможности их использования в лесном хозяйстве (на эст. языке). В сб.: "*Linnade ja asulate haljastamine*" (Озеленение городов и поселков). Таллин, 1960, стр. 92-98.

9. О промерзании верховых болот (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). Ежегодник Общества естествоиспытателей, 1959, т. 52. Таллин, 1960, стр. 11-26.
10. О результатах осушения заболоченных береговых участков в лесничестве Вихтерпалу (на эст. языке). В журн.: "Sotsialistlik Põllumajandus" (Социалистическое сельское хозяйство), 1961, № 12, стр. 570-572.
11. О динамике прироста деревьев в течение вегетационного периода и о влияющих на нее факторах (на эст. языке). В сб.: "Teaduslik-tehniline kogumik. Maaparanduse ja metsakuivenduse küsimusi" (Сборник научно-технической информации по мелиоративным и лесоосушительным вопросам). Таллин, 1962, стр. 60-72.
12. Эстонские верховые болота и их использование в лесном хозяйстве. Лесное хозяйство, 1963, № 3, стр. 14-18.
13. Болотоведение в Прибалтике XVIII-XX веков. Материалы У конференции по истории науки в Прибалтике. Тарту, 1964, стр. 50-53.
14. Какие верховые болота могут быть использованы в сельском и лесном хозяйстве? (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В журн.: "Eesti Loodus" (Природа Эстонии), 1964, № 5, стр. 262-265.
15. Когда началось в Эстонии освоение болот? (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В журн.: "Eesti Loodus" (Природа Эстонии), 1964, № 3, стр. 167-170.
16. Верховые болота Эстонии и их народнохозяйственное значение (на эст. языке). В сб.: "VII eesti loodusuurijate päeva ettekannete teesid" (Тезисы докладов VII съезда эстонских естествоиспытателей). Тарту, 1964, стр. 23-24.
17. О факторах, влияющих на распускание почек деревьев и рост в высоту (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). Ежегодник Общества естествоиспытателей, 1965, т. 57, Тарту, 1965, стр. 51-71.

18. Влияние торфяных мхов на утолщение торфяного слоя и рост деревьев на верховом болоте (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В сб.: **"Metsanduslikud uurimused, IV"** (Лесоводственные исследования, IV). Таллин, 1965, стр. 33-45.
19. Новый метод осушения верховых болот в лесном хозяйстве (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В сб.: **"Metsanduslikud uurimused, IV"** (Лесоводственные исследования, IV). Таллин, 1965, стр. 46-64. Соавтор У.Томберг.
20. Датирование фаз развития лесов по C^{14} по материалам болота Куйксилла Южной Эстонии (резюме на англ. языке). В сб.: Палинология в геологических исследованиях Прибалтики. Рига, 1966, стр. 120-127. Соавторы Э.О.Ильвес и Р.П.Мяннийль.
21. Как определять возраст болотной сосны? (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В журн.: **"Besti Loodus"** (Природа Эстонии), 1966, № 3, стр. 173-174.
22. Осушение верховых болот мелкими и частыми канавами. В сб.: Осушение лесных земель. Москва, 1966, стр. 1-8 (ЦНИИТЭИ леспром. Министерство лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР). Соавтор У.Х.Томберг.
23. Питомник на верховом болоте. Лесное хозяйство, 1967, № 6, стр. 76-78. Соавтор А.Палувитс.
24. О наследственных свойствах болотной сосны (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В сб.: **"Metsanduslikud uurimused, V"** (Лесоводственные исследования, V). Таллин, 1967, стр. 107-130.
25. Датирование фаз развития послеледниковых лесов по C^{14} (по материалам болота Куйксилла в Эстонии) (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В сб.: **"Metsanduslikud uurimused, V"** (Лесоводственные исследования, V). Таллин, 1967, стр. 235-244. Соавторы Э.Ильвес и Р.Мяннийль.

26. Верховные болота Эстонии и перспективы их использования в лесном хозяйстве (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). Издательство "Валгус", Таллин, 1968, 76 стр.
27. Датирование фаз развития голоценовых лесов методом C^{14} по материалам болота Тэосааре (Средняя Эстония) (резюме на эст. и нем. языках). Известия Академии наук Эстонской ССР, т. ХУП. Химия. Геология, 1968, № 1, стр. 53-58. Соавторы Э.Ильвес и А.Сарв.
28. Использование верховых болот в лесном хозяйстве (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В журн.: "Eesti Loodus" (Природа Эстонии), 1968, № 8, стр. 495-497.
29. О чем повествует торфяная залежь (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В журн.: "Eesti Loodus" (Природа Эстонии), 1968, № 8, стр. 487-489. Соавторы Э.Ильвес и А.Сарв.
30. Изменение растительности верховых болот под влиянием человека (на эст. языке, резюме на русск. и нем. языках). В сб.: "Metsanduslikud uurimused, VI" (Лесоводственные исследования, VI). Таллин, 1968, стр. 66-92. Соавтор В.Мазинг.
31. О результатах осушения сосняков на верховых болотах в Эстонии (на эст. языке, резюме на русск. и нем. языках). В сб.: "Metsanduslikud uurimused, VI" (Лесоводственные исследования, VI). Таллин, 1968, стр. 93-113.
32. О результатах датирования фаз развития лесов методом C^{14} по материалу верхового болота Тэосааре (Эстонская ССР) (на нем. языке, резюме на русск. и англ. языках). В журн.: "Pedobiologia" (ГДР), 1968, т. 7, № 4, стр. 329-334. Соавторы Э.Ильвес и А.Сарв.
33. Повышение производительности лесов с применением удобрений (на эст. языке). В сб.: "Metsamajandus. Teaduslike tehniline kogumik" (Научно-технический сборник "Лесное хозяйство"). Таллин, 1968, стр. 20-24.

34. Выращивание посадочного материала на верховом болоте (на эст. языке). В сб.: **"Metsamaajandus. Teaduslik-tehniline kogumik"** (Научно-технический сборник "Лесное хозяйство"). Таллин, 1968, стр. 13-17. Соавтор А.Палу-витс.
35. О возрасте болот и скорости прироста торфа в Эстонии в течение голоцена (на эст. языке, резюме на русск. и англ. языках). В сб.: **"Metsanduslikud uurimused, VII"** (Лесоводственные исследования, VII). (В печати). 50 стр.

Бесплатно

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00544870 1