

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В. Л. КОМАРОВА

На правах рукописи

УДК 551.524+551.524.526+551.8+574.4

ЕЛИНА
Галина Андреевна

**ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ
В ГОЛОЦЕНЕ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ**

Специальность 03.00.05 — ботаника

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук**

Ленинград — 1983

Работа выполнена в Институте биологии Карельского филиала АН СССР

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор Мазинг В. В.
доктор географических наук Бискэ Г. С.
доктор биологических наук, профессор Миняев Н. А.

Ведущее учреждение:

Институт ботаники им. Н. Г. Холодного АН Украинской ССР (г. Киев)

Защита состоится *20 апреля* 1983 г. в *15* час. на заседании специализированного совета Д002.46.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора биологических наук при Ботаническом институте им. В. Л. Комарова АН СССР по адресу: 197022, Ленинград, ул. проф. Попова, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан *9 февраля* 1983 г.

Ученый секретарь специализированного
совета — О. В. Чернева



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Проблема динамики природных экосистем и отдельных их компонентов является одной из насущных проблем современной науки и требует все большего внимания. Последнее определяется возросшим антропогенным давлением на среду, что приводит часто к нежелательным последствиям. Предотвратить необратимые, а иногда и вредные для человека изменения природы может научный прогноз, основанный на ретроспективных законах развития живой природы. Поэтому повышение степени достоверности реконструкций природы прошлого можно отнести к основным задачам палеогеографии. И чем более достоверной, подтвержденной фактическим материалом будет воссозданная серия (растительности, экосистем), чем точнее выявленные закономерности прошлого, тем возможнее их экстраполяция на будущее.

Рассматривая динамические процессы в масштабе послеледникового периода, или голоцена, нижняя граница которого приравнивается ко времени 12000 л. н., получаем представление о современном состоянии растительности и природы в целом, как звене между прошлым и будущим. Сравнение общих закономерностей развития природы голоцена с более ранними этапами четвертичного периода показало, что голоцен является «возможным современным аналогом межледникового периода» (Герасимов, 1982). Последний отрезок истории Земли, голоцен, характеризуется значительными изменениями климата и растительности, с крайними их состояниями в бореальной зоне: от субарктических тундр — до бореальных и неморальных лесов. И поскольку климатический оптимум голоцена уже остался позади, то вопрос, что нас ожидает в будущем, имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Прогрессирующая активизация антропогенного вмешательства в естественные процессы требует усиленного внимания к проблеме динамики ведущих экосистем, и не только в их историческом прошлом, но и в обозримом будущем. В таежной зоне доминирующими экосистемами являются леса, содоминирующими — болота. Они вместе составляют «лицо» региона и диктуют основные направления природопользования. И если вопросам динамики лесов в широкорегиональном плане всегда уделялось достаточно сил и внимания, результатом чего были модели развития растительности на уровне, примерно, зональных полос и геоботанических областей (Нейштадт, 1957; Хотинский, 1977; Палеогеография Европы..., 1982), то региональ-

ные особенности динамики освещены не столь хорошо. К их числу относятся некоторые вопросы палеогеографии отдельных территорий северо-запада европейской части СССР, и в частности Карелии. Много неясного здесь и в вопросах динамики лесов, формировании ареалов основных лесообразующих и некоторых индикаторных видов деревьев и кустарников. Особенности динамики лесов, определенные спецификой Балтийского щита, очень пестрого в отношении природно-климатических показателей, по многим параметрам имеют свои закономерности, отличные от таковых на Русской равнине и территориях, примыкающих к Карелии с востока и юга.

Следовательно, при изучении закономерностей региональной динамики лесов можно опираться на имеющиеся обобщенные схемы, которые требуют лишь качественного и количественного их уточнения. Выяснение этих вопросов на региональном уровне открывает широкие возможности в решении целого ряда народно-хозяйственных задач, связанных с использованием и охраной лесов.

Иначе дело обстоит с вопросами динамики заболачивания и заторфовывания. Почти совершенно нет данных о скорости и направленности этого процесса, взаимосвязи его с развитием других экосистем и явлений. Частично эти вопросы обсуждались лишь на примере Западно-Сибирской низменности (Нейштадт, 1977; Лисс, Березина, 1981; Караваева, 1982), имеющей собственную специфику природно-климатических показателей и иной ход болотообразовательных процессов.

При значительной степени заболоченности Карелии, достигающей в среднем 30%, болота имеют существенное влияние на хозяйственную деятельность. Поэтому изучению прошлого болотных экосистем, поискам закономерностей их развития и взаимосвязи со средой и климатом должно быть уделено максимальное внимание.

Высказанные положения определяют **актуальность** изучения динамики лесных и болотных экосистем, что необходимо для решения как общетеоретических задач болотоведения и палеогеографии, так и практических задач регионального плана.

Исходя из сказанного, **основной задачей работы** было составление обобщенной модели развития лесных и болотных экосистем, сопряженной с динамикой природно-климатической обстановки. При решении этой задачи необходимо было получить не только целостное представление о динамике лесных и болотных экосистем, степени зависимости их от природно-климатических условий, но и выявить основные этапы и тенденции развития этих экосистем и их компонентов в голоцене и обозримом будущем. Эти вопросы рассматривались с разной степенью детальности и на разных уровнях: растительных сообществ, экосистем лесов и болот, палинологических районов, природно-климатических полос.

Решение основной задачи требовало предварительного изучения некоторых ключевых вопросов палеогеографии и геоботаники. Перечисленные ниже вопросы представляют собой отдельные этапы работы, имеющие самостоятельное познавательное значение, но в то же время взаимосвязанные и взаимовытекающие. Главными среди них являются следующие:

- обобщение всего имеющегося палинологического материала и оформление его в виде средних диаграмм, моделей развития растительности на территориях, однотипных по комплексу природных факторов;

- составление хроностратиграфической схемы, позволяющей коррелировать синхронные события и отложения не только в пределах изучаемого региона, но и с примыкающими территориями, с выходом на общепринятые широкорегиональные схемы;

- сопоставление современной растительности с составом ее субрецентных спектров, что, как известно, требует исследования в каждом специфическом регионе. Карелия же во многих отношениях: по коренной и четвертичной геологии, геоморфологии, гидрогеологии, климату, а отсюда и растительности, существенно отличается от регионов, лежащих к востоку и югу от нее;

- рассмотрение особенностей болотообразования и торфонакопления и связь этого процесса с геолого-геоморфологическими факторами, гидрологическим режимом, степенью лесистости, составом лесов и климатом голоцена;

- разработка числовой модели развития болотных экосистем в голоцене, и в виде итога — обобщенный прогноз ведущих экосистем на заданный временной отрезок.

Основными материалами являются опорные разрезы органо-генных отложений, современная растительность болот и торфяные отложения, отражающие ее прошлое. В данной работе использованы следующие оригинальные материалы: 66 спорово-пыльцевых диаграмм, обеспеченных 63 радиоуглеродными (по C^{14}) датировками; данные по 400¹ болотным массивам, которые характеризуются более чем 600 стратиграфическими разрезами и примерно 900 буровыми скважинами и более чем 1000 геоботаническими описаниями растительности. В стратиграфических разрезах использованы для расчетов 2602 одновидовых слоя торфа, а полученные результаты экстраполированы уже на 6292 образца торфа, а затем весь торфяной фонд Карелии, объем торфяной залежи которой составляет 68 670 млн. м³. Непосредственно в работе приведены 28 спорово-пыльцевых диаграмм и все радиоуглеродные датировки; 13 планов болот с их современной растительностью; 22 стратиграфических разреза болот, 32 уточняющих их стратиграфические колонки и 12 парных

¹ Данные по болотам основаны на результатах наземных исследований, проводившихся в течение 30 лет при участии или под руководством автора.

(иногда тройных) стратиграфических колонок грядово-мочажинных комплексов.

Наряду с собственными в работе использовались многочисленные опубликованные диаграммы и материалы, как по Карелии, так и из районов, непосредственно примыкающих к ней.

Методы. Для обеспечения взаимного контроля и получения достоверных данных при разработке модели развития ведущих экосистем потребовалось применение серии известных и модифицированных методов изучения и обработки материала. Одним из наиболее признанных методов изучения истории растительности является спорово-пыльцевой анализ. Он использовался сопряженно с анализом ботанического состава торфа (со степенью его разложения) и методом определения абсолютного возраста органических отложений по C^{14} .

При составлении средних спорово-пыльцевых диаграмм (подтипов в отличие от региональных типов М. И. Нейштадта, 1957), мы опирались на опыт получения эталонных средних диаграмм (Сейбутис, 1971; Даниланс, Стелле, 1971; Donner, 1963; Vasari, 1962; Tolonen, 1967; Huvärinen, 1973) и собственные представления. Последние состояли в следующем: среди серии близких территориально диаграмм Карелии отбирались типичные, отражающие полный (или иногда не полный) цикл смен в определенных геолого-геоморфологических и лесо-типологических условиях. В каждой из опорных диаграмм отчленялся ряд характерных спектров, отвечающих палинологическим зонам. Среди последних высчитывались среднеарифметические показатели по всем выделяемым группам: общему составу, всем родам (или видам) деревьев, кустарников, трав, спор. В дальнейшем, если сравнение комплексов в отобранных диаграммах показывало близкие цифры и однотипное следование кривых по всем зонам, это принималось как подтверждение предварительного предположения о едином ходе развития растительности на той или иной территории. В этом случае все близкие комплексы еще раз усреднялись, а результаты вводились в подтипы.

Для выяснения времени образования комплексного микро-рельефа на болотах, кроме опорных разрезов, спорово-пыльцевой анализ выполнялся в серии параллельных скважин (на грядах и мочажинах или озерах), а также на среднеглубоких болотах, наиболее часто встречающихся в том или ином типе рельефа. Возраст максимальных, средних и минимальных по глубине торфяных залежей определялся с целью уяснения времени как начального, так и массового заболачивания основных природных районов, а определенная величина прироста торфа в каждом отдельном случае и в целом, в пределах отдельных типов рельефа, позволила выявить степень интенсивности процесса заболачивания в каждом из периодов голоцена. Последнее является необходимым при реконструкции растительности на северо-западе, поскольку болота, а в начале голоцена — приледниковые озера,

составляли и составляют непрменный элемент прошлых и современных ландшафтов.

Для выяснения особенностей формирования субрецентных спорово-пыльцевых спектров была проанализирована серия образцов из подзон северной и средней тайги на болотах разной трофности и облесенности и отчасти в лесах, и, кроме того, на болотах — на разном расстоянии от «стены» леса.

При расчете скорости торфонакопления, выполненного на опорных разрезах торфяных залежей с помощью спорово-пыльцевых и радиоуглеродных данных, получены материалы по приросту разных видов залежей, которые экстраполировались на органические отложения, не обеспеченные такими данными.

Карты палеорастительности составлялись по «временным срезам» с широким использованием приемов актуализма и экстраполяции. Методическая сторона мелкомасштабного картирования палеорастительности лесов имела следующие предпосылки: исходным материалом при характеристике территорий, близких по природным показателям (в объеме палинологических районов), были средние подтипы диаграмм, при выделении более мелких таксонов на уровне формаций — конкретные диаграммы.

Научная новизна работы. Качественно новый и большой по объему материал позволил выполнить углубленный анализ становления и развития растительности в течение в 12 000 лет, в пределах специфичного региона восточной части Балтийского щита. Установлено, что динамика растительности лесов и болот взаимосвязана и имеет этапный и направленный характер, повторяющий с некоторым запозданием этапность развития природно-климатических процессов. Изучение динамики лесных и болотных экосистем всеми известными и модифицированными методами позволило выделить региональный или локальный уровень отражения индицируемых процессов или явлений и степень их дифференциации в пределах изучаемого региона. Показано, что палинологический анализ отложений, при репрезентативной изученности основных природных категорий, дает возможность реконструировать растительность в пространственно-временном аспекте. Достоверность корреляции процессов и явлений повышается благодаря разработанной хроностратиграфической схеме голоцена Карелии, основанной на относительных и абсолютных (C^{14}) датировках отложений.

В результате выполненной работы получено целостное представление о динамике лесных и болотных экосистем, о степени зависимости их развития от природно-климатических условий, а также выявлены основные этапы развития этих экосистем и их компонентов в голоцене. В качестве метода выражения частных и общих закономерностей динамики растительности выбран картографический. Крупномасштабные карты палеорастительности по временным срезам, составляемые по данным комплексного изучения эталонов природы и сделанные впервые, повышают до-

стоверность и контролируют мелкомасштабные обобщенные карты.

Среди основных особенностей голоцена Карелии отмечаются следующие: в регионе в течение 12 000 лет был представлен широкий диапазон зонально-подзональных категорий: от тундр — в позднем дриасе, до широколиственно-хвойных лесов — во время климатического оптимума, когда сдвиг подзональных границ был максимальным.

Всестороннее изучение пространственно-временной динамики болотных экосистем, проведенное как традиционными, так и модифицированными методами, позволило сделать ряд выводов, дополняющих и уточняющих представления об особенностях природной обстановки Карелии в голоцене. Получены количественные показатели, характеризующие интенсивность болотообразования и торфонакопления, динамику продукционного процесса и аккумуляции органического вещества на болотах; установлена роль отдельных растительных категорий болот и их соотношение в отдельные периоды голоцена. Показано, что количество и качество болот в каждый данный временной интервал отражают природно-климатические особенности региона. Отмечается, что болота, как системы открытые на протяжении большей части голоцена, индицируют характер гидрологического режима территории. Главный переломный момент в развитии болотных экосистем приравнивается к суббореально-субатлантическому контакту, с которого началась экспансия олигомезотрофных и олиготрофных сфагнов.

Тенденции процесса заболачивания территории, выявленные для голоцена, использованы для составления прогноза этого процесса на ближайшее 1000-летие. Интенсивность болотообразования, близкая к современной, вероятнее всего, сохранится лишь на севере Карелии, где природа менее затронута антропогенным вмешательством. На юге ее, даже если сохранится современная интенсивность мелиорации, уже в ближайшие десятилетия естественных болот практически не останется. Поэтому здесь особенно остро стоит вопрос об охране не только ягодоносных, но и типичных болот.

Высказанные положения, представляющие в целом единую концепцию развития природы голоцена в условиях специфического региона восточной части Балтийского моря с его бореальным гумидным климатом, и являются предметом защиты.

Таким образом, в представленной диссертации решается крупная научная проблема, находящаяся на стыке ряда смежных дисциплин (общей геоботаники, болотоведения, биогеоценологии и палеогеографии) — разработка теоретических положений о динамике средообразующих экосистем Северо-Запада (лесов и болот) в последний геологический отрезок истории Земли (голоцен), с выявлением основных этапов и общих тенденций их развития.

Реализация результатов и практическая значимость работы.

Палинологические данные, являющиеся основой картирования палеорастительности Карелии, переданы в Институт географии АН СССР, где будут использованы при составлении атласа-монографии «Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет» (Палеогеография Европы в голоцене. Реконструкции и модели). Эти же материалы легли в основу монографии автора: «Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена», Л., 1981.

Данные по растительности болот и торфам, полученные при участии автора, обобщены в «Торфяном фонде Карельской АССР» (1957, 1979) и «Карте растительности болот Карелии» (1967). Эти материалы используются при планировании ряда народно-хозяйственных мероприятий республики. Они вошли в состав «Схемы развития мелиорации и водного хозяйства Карельской АССР до 2000 г.» (Ленгипроводхоз, 1980), а также в рекомендации по рациональному комплексному использованию земельных ресурсов и их охране. Рекомендации были учтены при проектировании и строительстве Костомукшского горнообогатительного комбината и города Костомукши. Участие в комплексной межинститутской теме по хозяйговору с Госпланом КАССР «Рациональное использование мелиоративного фонда Карельской АССР» (1980—1984 гг.) выражается в выявлении типичных и уникальных болот в различных природных ландшафтах. В результате, из планов мелиорации к 1982 году исключены 17 болотных массивов общей площадью 9 тыс. га.

Результаты работы автора экспонировались на трех тематических выставках ВДНХ СССР и были отмечены двумя серебряными и одной бронзовой медалями.

Апробация работы и публикации

По теме диссертации опубликовано 42 работы, в том числе монография «Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена».

Основные положения и разделы работы докладывались на ряде совещаний и конференций: III Международной палинологической конференции (Новосибирск, 1971), XII Международном ботаническом конгрессе (Ленинград, 1975), XI Международном конгрессе ИНКВА (Москва, 1982); Всесоюзных совещаниях и конференциях: по типологии и классификации болот (Киев, 1972), генезису и динамике болот (Москва, 1975), классификации торфов и торфяных залежей (Калинин, 1982); по типологическим аспектам изучения поведения веществ в геосистемах (Иркутск, 1973), экосистемам в стратиграфии (Владивосток, 1978), итогам научных исследований по биогеоценологии (Москва, 1973, 1980), Биологическим проблемам Севера (Якутск, 1974; Петрозаводск,

1976); на совещаниях авторского коллектива «Палеогеография Европы в голоцене» (Москва, 1975, 1977); Международном конгрессе по торфу (Финляндия, 1972), совещании по продуктивности болот и заболоченных лесов (Финляндия, 1974) и других.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (417 наименований), приложений (рисунки, таблицы). Общий объем работы — 571 страница, из них: текст — 317 машинописных страниц, рисунки — 122 (в том числе 53 рис. в прил. I), таблицы — 79 (в том числе 16 табл. в прил. II).

Первые две главы посвящены палинологической характеристике территории Карелии и корреляции событий и отложений голоцена. В главах третьей и четвертой приведен материал по динамике растительности болот и болотных экосистем, поставленный на количественную основу и увязанный со схемой развития зонально обусловленной (лесной) растительности. Пятая глава, являющаяся заключительной, демонстрирует принципы картирования растительности лесов и болот голоцена в разных масштабах.

Работа выполнена согласно плану научно-исследовательской тематики Института биологии Карельского филиала АН СССР «Биогеоэкологические основы рационального использования и охраны болот Карелии», № гос. регистрации 76086290.

Раздел темы: «Палеогеография Карелии в голоцене» входил составной частью в тему института географии АН СССР: «Палеогеография Европы в позднем плейстоцене и голоцене».

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ И ПОДТИПЫ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ ДИАГРАММ

При анализе палинологических материалов большое внимание уделялось выяснению роли общих и частных природных факторов на формирование спорово-пыльцевых спектров в настоящее время и в течение голоценовой истории. При обобщении данных была отработана модифицированная методика поисков общности диаграмм, которая состояла в выяснении роли и влияния общих и частных природных факторов на формирование спорово-пыльцевых спектров в течение голоценовой истории. При этом выявлялась связь между характером спектров и климатически-обусловленными подзональными полосами, ландшафтно-геоботаническими провинциями и районами, лесотипологическими округами и районами, основными генетическими группами рельефа и орографическими районами. И если уже ранее М. И. Нейштадт (1957, с. 394) отмечал, что «каждой современной ботанико-географической области и провинции свойственен свой ход развития растительных ландшафтов в голоцене, свой тип пыльцевой диаграммы», являющейся моделью развития растительного покрова (Нейштадт, 1980), то такие же закономерности мы стре-

милась найти для более мелких ландшафтных и растительных выделов (округов, районов). При поиске таких закономерностей мы опирались также на высказанные теоретические предпосылки о совпадении геоботанических районов с ландшафтными (Цинзерлинг, 1932) или ботанико-географическими (Лавренко, Исаченко, 1976) и предположительно различную историю в каждой из растительных зон (Нейштадт, 1957; Nyvärinen, 1972). В результате проделанной работы выделились палинологические районы, более всего совпадающие в своих границах с природно-растительными подзонами, но часто также и с границами орографических районов, лесотипологическими и ландшафтными провинциями. Такие постоянные действующие в течение всего голоцена факторы, как четвертичные отложения, в особенности при наличии какой-то резкой их специфики, оказались решающими при формировании спорово-пыльцевых спектров и комплексов определенного характера. При изучении динамики и истории географических объектов (а в их числе и растительности), по мнению В. Б. Сочавы (1968), следует опираться на литогенную основу ландшафта, поскольку она «наиболее консервативна и меньше, чем другие компоненты и геосистемы, видоизменяется под влиянием различных переменных воздействий».

При выделении подтипов диаграмм, на фоне их общерегиональных особенностей (Нейштадт, 1957), оказалось возможным и необходимым вычленить их региональные черты. Поэтому корреляция спорово-пыльцевых диаграмм выполнялась не только по основным общерегиональным уровням, характерным для всех диаграмм, но и второстепенным (региональным), выраженным не всегда четко или метакхронным и поэтому применяемым для отдельных серий. Общность спорово-пыльцевых спектров этих уровней и определенная их последовательность дают основание говорить о синхронности отложений, соответствующих этим уровням. Используя данные уровни, а также состав и последовательность спектров, выделены 12 лесорастительных временных зон, сопоставимых с зонами и периодами голоцена схемы М. И. Нейштадта (1965) и наиболее распространенными схемами советских (Марков, 1934) и зарубежных исследователей (Firbas, 1949; Nilsson, 1964). Древний голоцен объединяет аллеред (AL) и поздний (молодой) дриас (DR₃); ранний голоцен — пребореальный (PB), бореальный ранний (BO₁) и бореальный поздний периоды (BO₂); средний голоцен — атлантический ранний (AT₁), атлантический поздний (AT₂) и суббореальный (SB); поздний голоцен — субатлантический ранний (SA_{1,2}) и субатлантический поздний периоды (SA_{3,4}).

Для Карелии выделено семь палинологических районов, характеризующихся соответственно семью подтипами диаграмм. Все диаграммы различаются ходом кривых пыльцы древесных пород, временем появления тех или иных пород и общим флористическим составом спорово-пыльцевых комплексов в каждой из зон.

При выделении палинологических районов, кроме общности самих диаграмм, принимался во внимание весь комплекс природных факторов, и в особенности геолого-геоморфологическая обстановка и современное состояние растительности.

В подзоне северной тайги выделено три палинологических района с тремя подтипами диаграмм: I. Северо-западный (возвышенность Маанселькя); II — Центральный северный (северная озерная равнина); III — Северо-восточный (Прибеломорская низменность).

Подзона средней тайги объединяет четыре района: IV — Юго-западный (Западно-Карельская возвышенность и Шуйская равнина); V — Прионежский северный; VI — Прионежский южный; VII — Приладожский.

Для каждого из районов дается характеристика растительности (лесов и болот), рельефа, субрецентных спектров, усредненные значения спорово-пыльцевых комплексов (в %). Это общий состав (пыльца древесных, пыльца трав и споры мхов и трав), виды и роды деревьев (*Picea*, *Pinus*, *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *B. nana*, *Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*) и кустарники (*Corylus*, *Alnus incana*, *A. glutinosa*, *Salix*), травы (*Cyperaceae*, *Gramineae*, *Ericales*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Varia*), споровые растения (*Sphagnales*, *Bryales*, *Polypodiaceae*, *Lycopodium*, *Selaginella selaginoides*, *Equisetum*). Количество пыльцы и спор (в %) приводится для всех зон; в ряде случаев по древнему голоцену эти данные заимствованы из опубликованных диаграмм. В текстовом описании подтипов приводятся данные о характере отложений, радиоуглеродном их датировании, приросте торфа и сапропеля, по региональным и локальным особенностям развития растительности лесов и болот в голоцене, датируются контакты зон и периодов и отдельные события голоценовой истории.

Средние (или эталонные диаграммы) являются временными моделями, отражающими характер развития растительности в пределах палинологических районов.

Все средние диаграммы группируются в два долготных ряда: западный и восточный, где широтные пары различаются количеством пыльцы ели, широколиственных пород и рядом более мелких признаков.

Анализ всех этих данных послужил основой не только для реконструкции растительности, но и для выяснения некоторых теоретических вопросов лесоведения, таких как: становление коренных типов лесов, формирование ареалов лесообразующих и некоторых индикаторных пород.

Для большей части северо-запада Европы (кроме Карелии) ранее были составлены карты изохрон ели, дуба, липы и вяза. Нам удалось восполнить этот пробел, проследить время их появления и распространения и провести по Карелии ряд изохрон этих пород. Например, для ели они соответствуют времени от 8 до 2 тыс. л. н. Распространение видов широколиственных де-

ревью также происходило неодновременно, причем вяз появился раньше липы и дуба на 1000—1500 лет, т. е. около 8000 л. н. Липа присутствовала в значительном количестве в древостоях в АТ₂-периоде лишь в пределах своего современного ареала, тогда как дуб и вяз продвигались примерно на 200 км севернее такового. Северная граница ареалов всех широколиственных пород в АТ₂-периоде, в отличие от современной, имела более северное положение.

КОРРЕЛЯЦИЯ НЕКОТОРЫХ СОБЫТИЙ И ОТЛОЖЕНИЙ ГОЛОЦЕНА ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ И РАДИОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Радиохронологические исследования имели целью уточнить время основных контактов зон, периодов и палинологических уровней, скоррелировать органогенные отложения и определить их возраст и, в результате, обеспечить временную достоверность всех выводов и заключений о событиях и явлениях голоцена на территории Карелии.

Получены следующие данные: SA максимум ели — 1200—2000 л. н., SA/SB контакт — 2500 ± 60 , SB максимум ели — 3000—3500 (на севере) и 4000—4500 (на юге), SB/AT контакт — 4930 ± 100 , AT₂ максимум ели — 5000—5500, AT₂/AT₁ контакт — 6470 ± 130 , AT/BO контакт — 7700 ± 100 , BO₂/BO₁ контакт — 8540 ± 90 , BO максимум березы — 8600 ± 100 , BO/PB контакт — 9260 ± 150 , PB максимум березы — 9500 ± 250 , PB/DR₃ контакт — 10 100—10 150. Приведенные датировки представляют средние значения конкретных, собственных и литературных определений C¹⁴ уровней и контактов семп палинологических районов. Определения возраста органогенных отложений выполнялись в Институте зоологии и ботаники АН Эстонской ССР (индекс образцов: ТИ). При сопоставлении зон и периодов голоцена Карелии с таковыми для Русской равнины и восточной части Балтийского щита обнаруживается наибольшая их сходимость с данными Н. А. Хотинского (1977) по северо-западу Русской равнины. Датировки остальных событий и явлений, таких как время появления и распространения ели и широколиственных пород, возраст органогенных отложений, время массового заболачивания, начало формирования микрорельефа на болотах и многие другие, имеют региональную основу и присущи лишь Карелии.

Интересно отметить, что корреляция отложений (минерогенных и органогенных) показала неоднозначность мощности синхронных слоев даже в пределах однотипных по генезису осадков. В разрезах, имеющих позднеледниковый возраст, слои, датированные аллередом и поздним дриасом, представлены только минерогенными осадками (в основном ленточными и массивными гли-

нами). Осадки пребореального возраста по своему генезису относятся к озерным минерогенным или органогенным (сапропелям). Торфа датируются чаще всего атлантическим временем.

На основании проведенных палинологических и радиохронологических исследований сделан ряд выводов.

1. Эталонные диаграммы дают четкое представление о региональных и локальных особенностях пространственно-временной динамики растительности лесов. Региональные их черты наиболее отчетливо выражаются в постепенном увеличении широколиственных пород с севера на юг и формировании кривой их пыльцы от разорванной, даже в сумме с лещинной (на севере), к сплошной, с четко выраженным максимумом во вторую половину атлантического времени (в центральной части и на юге). Региональные особенности отчетливо проявляются также и в характере кривой пыльцы ели и во времени ее появления.

Спектры трав и спор также очень информативны: они дают представление о характере наземного яруса в лесах, флористическом составе растительности, роли болот в ландшафтах, степени заболоченности территории и гумидности климата.

2. Детальный анализ спектров древесных пород в отдельные периоды голоцена позволил с помощью радиохронологии датировать появление и распространение некоторых видов широколиственных пород и индизировать с их помощью природно-климатические показатели не только во временной, но и пространственной динамике. Все процессы датированы и обоснованы.

3. По спектрам пыльцы древесных пород реконструированы основные этапы сукцессий, выражающихся обобщенно в следующей серии: березовое лесотундровое редколесье (AL) → кустарничково-зеленомошные тундры (тундро-степи) в сочетании с перигляциальными комплексами (DR_3) → редкостойные березовые леса крупнотравные лесотундрово-северотаежные (PB) → настоящие березовые леса крупнотравные и зеленомошные северо- и среднетаежные, близкие к океаническим (BO_1) → сосново-березовые крупнотравные и зеленомошные среднетаежные (BO_2) → сосновые и березово-сосновые крупнотравные и зеленомошные, в основном южнотаежные, а на юге территории — смешанные широколиственно-хвойные (AT) → сосново-еловые и еловые зеленомошные леса средне- и южнотаежные (SB) → сосново-еловые и еловые зеленомошные леса северо- и среднетаежные ($SA_{1,2}$) → сосновые и сосново-еловые зеленомошные и кустарничково-моховые леса северо- и среднетаежные ($SA_{3,4}$).

4. Начало распространения болот на территории Карелии приурочивается к бореальному времени, отложение сапропелей — к пребореальному. В целом, отмечается довольно четкая зависимость возраста болот от типа рельефа, но не от географической широты, как это отмечалось до недавнего времени.

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГОЛОЦЕНЕ

Настоящая глава содержит анализ причин заболачивания, скорости сукцессионного процесса растительности болот, зависимости болото- и торфообразования от комплекса природных факторов. Пространственно-временной аспект, положенный в основу рассмотрения болотных экосистем, дал возможность не только понять их современное состояние, но и выявить закономерности их развития в прошлом.

Процесс болотообразования и торфонакопления, начавшийся в послеледниковое время вскоре после отступления ледника и непрерывно продолжающийся в течение голоцена со все возрастающим ускорением, привел к образованию болот, с общей суммарной площадью свыше 3,5 млн. га. Современная степень заболоченности территории, несколько превышающая 30%, является результатом поступательного процесса, неоднозначного в отдельные периоды голоцена.

Огромный фактический материал по современной растительности болот Карелии, их типологии, районированию, качественным и количественным характеристикам торфов и торфяных залежей, преломленный в динамический аспект, позволил понять особенности размещения болот, взаимозависимость их с ландшафтами современности и природной обстановкой голоцена.

При реконструкции растительности болот мы придерживаемся категорий: тип растительности, формация, реже — группа ассоциаций. Такой уровень диктуется тем, что в вопросе идентификации торфа с растительностью еще много неясного. Сопоставление состава остатков в торфе с современной растительностью связано с целой серией проблем, таких как: скорость и различная интенсивность разложения отдельных представителей растительного мира болот, величина и скорость аккумуляции торфа и влияние на этот процесс целого ряда внешних физических и климатических факторов.

Степень изученности торфяного фонда Карелии довольно высокая: наземно исследованные торфяники в границах промышленной залежи составляют 20% всего фонда, а в границах нулевой залежи — 27% (Торфяные месторождения Карельской АССР, 1979).

Торфяной фонд Карелии по состоянию изученности на 1977 год объединяет сведения по 1311 месторождениям, площадью 699 384 га в границах промышленной залежи. Запас торфа на изученных болотах равен 2 014 187 тыс. т 40% влажности, или 13 734 млн. м³ (Козлова, 1979). В пересчете на площадь всех болот (3,5 млн. га) это значение увеличится до 68 670 млн. м³. Все это громадное количество болот с астрономическим объемом залежи сформировалось в течение последних 9000 лет.

Известно, что, являясь дериватом растительности, чутко реагирующей на изменения природной обстановки, торф в конечном итоге становится хранителем сведений по динамике природной среды голоцена. Поэтому и была предпринята попытка извлечь новую информацию, выполнив разносторонний анализ всей суммы накопленных торфов. Актуальность такой работы очевидна, поскольку огромное количество болот оказывает влияние как на климат и гидрологический режим территории, так и ее экономику. Не менее важно знать, как пойдет дальше развитие болот.

Выполнение поставленной задачи было основано на анализе статистически обработанных данных ботанического состава торфа (6292 образца торфа). В результате выделено 57 видов торфа, из которых: в низинном типе представлено 25 видов торфа, в переходном — 22 и в верховом — 10 видов. Опираясь на эти данные, а также на статистически обработанные показатели растительных остатков в каждом из выделенных видов торфов, уже можно было выяснять количественную зависимость в соотношении их видов, групп и типов в каждом из периодов голоцена. Иначе говоря, известной концепции стадийной последовательности смен растительности, а соответственно и торфов, от низинных к верховым, через переходные, был придан количественный оттенок, т. е. стадии развития болот были наложены на временную схему динамики природных процессов.

Полученные данные позволили провести сопоставление отдельных видов торфов с их материнскими сообществами в пределах отдельных периодов голоцена. Эта работа потребовала предварительного решения целого ряда вопросов: необходимо было узнать, как менялась степень заболоченности территории в течение голоцена; были ли различия в количестве и соотношении групп (видов) торфов во временном плане, каковы были значения вертикального и горизонтального прироста торфа в зависимости от природной обстановки голоцена? Чтобы ответить на все эти и еще целый ряд вопросов пришлось разработать или модифицировать ряд методов исследования. Среди них: 1. Выявление зависимости между линейным приростом торфа, характером залежи и климатическими показателями того или иного временного отрезка. 2. Экстраполяция данных линейного прироста торфа, полученного по разрезам, имевшим относительные и абсолютные датировки, на стратиграфические разрезы болот, не обеспеченные ими. Такой подход позволил оценить качественный и количественный состав торфов во временном аспекте, а отсюда — получить датированную по времени основу для реконструирования растительности. 3. Сопоставление количественных данных линейного и горизонтального роста болотных массивов с природной обстановкой каждого временного отрезка голоцена. Эти данные дали представление о темпе болотообразования и торфонакопления в основных типах рельефа восточной части Балтийского щита и в среднем по региону за послеледниковый

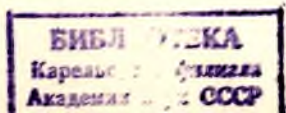
период. 4. Реконструкция растительности болот по обобщенным показателям ботанического состава торфа, выполняемая на датированной временной шкале, т. е. на фоне состояния природы голоцена. В результате получено представление о соотношении и роли растительности в ранге формаций, реже — групп ассоциаций для каждого из периодов голоцена.

Расчеты показали, что заболоченность территории Карелии менялась поступательно, но неравномерно: в бореальный период она составляла 3—5%, в первой половине атлантического — 7—11%, во второй его половине — 19%, в суббореале — 27%, в настоящее время — 30%. С самой высокой интенсивностью болота распространялись во второй половине атлантического времени.

Для повышения достоверности данных по количеству и соотношению торфов все расчеты проводились на уровне групп торфов. Результаты показали, что наиболее близки по составу торфов были ранний и средний голоцен. Резкий перелом в составе торфов относится к суббореальному периоду, отличавшемуся значительным повышением доли древесносодержащих торфов и уменьшением травяно-моховых. Субатлантический период знаменуется скачкообразным увеличением доли сфагновых верховых торфов с примерно равным соотношением грядовых и мочажинных видов.

Анализ данных показывает, что торфообразование, являясь частью единого динамического процесса природы, достаточно хорошо отражает его общую направленность. Климатические, геоморфологические и гидрологические факторы в разные периоды оказывали разное влияние на процессы болото- и торфообразования. Так, преобладание в ВО—АТ₂-периодах низинных травяных и травяно-сфагновых торфов свидетельствует о значительно лучших, чем в настоящее время, условиях проточности и более высокой минерализации питающих болота вод. Такой режим мог быть следствием малой выщелоченности грунтов (Сысуев, 1980) и большой роли в питании болот напорно-грунтовых вод. При значительной пересеченности рельефа и лабильности базиса эрозии, следствия остаточного воздействия недавней дегляциации, создавались условия повышенной проточности, что явилось оптимальным для распространения тростниковых, хвощовых, вахтовых и осоковых растительных сообществ — пионеров озерного и суходольного заболачивания. Существенное значение имела повышенная теплообеспеченность, что при обильном и проточном увлажнении привело к интенсивному приращению болот и формированию огромных запасов торфа. Вычленив в данном случае превалирующую роль того или иного фактора трудно, поскольку процессы болотообразования имеют комплексную сущность (Иванов, 1974), но климат все же, вероятно, доминирует над другими факторами (Жуков, Потапова, 1977).

Резкие смены состава и соотношения торфов в SB и SA-периодах дают основание предполагать, что в SB-периоде базис



эрозии на всей территории понизился, следствием чего и было резкое увеличение древесносодержащих торфов на болотах. И если учесть, что к концу SB-периода заболоченность приблизилась к современной, а болота, особенно сфагновые олиготрофные, в какой-то степени обрели относительную автономность, то можно предположить, что сила внешнего влияния на них должна быть достаточно большой, чтобы вызвать такие заметные изменения. Иначе говоря, для суббореального периода очевидно главенствующая роль климата и существенное ослабление геолого-геоморфологических факторов. С такой же долей уверенности можно утверждать, что резкое увеличение количества верховых сфагновых торфов в SA-периоде может быть следствием похолодания и повышения влажности. Но, естественно, здесь, как и в других случаях, нельзя забывать о спонтанности сукцессионного процесса растительности болот и об общих закономерностях динамики растительного покрова.

Особенности линейного прироста торфа и аккумуляция органического вещества в голоцене

Исходя из предпосылки региональной основы пространственной и временной динамики линейного прироста торфа, мы посчитали целесообразным пересмотреть этот вопрос, чтобы не только получить уточненные данные для Карелии, но, главным образом, выявить закономерности этого процесса.

Для расчетов по приросту торфа в голоцене были отобраны разрезы, обеспеченные относительными (палинологическими) и абсолютными (радиохронологическими) датировками. Среди разрезов, снабженных только палинологией, отбирались наиболее четко датированные по хорошо выраженным маркерным горизонтам. В результате, отобранные таким образом 40 разрезов разделились на 3 совокупности залежей: с максимальным, средним и минимальным приростом.

Выяснилось, что имеется определенная зависимость общей усредненной величины линейного прироста всей залежи с ее стратиграфией; но четких связей прироста с видом или даже группой торфа не обнаружено. Максимальный прирост — 0,89 мм/год (от 0,81 до 1,1 мм/год) имеют залежи верховые сфагновые, переходные и низинные травяные и травяно-моховые малой и средней степени разложения (10—25%). Средним линейным приростом — 0,68 мм/год (0,57—0,76 мм/год) характеризуются залежи переходные и низинные топяные (травяные и травяно-моховые), усложненные небольшими по мощности прослоями древесных или пушицевых торфов. Степень разложения их средняя (20—30%). Минимальный прирост — 0,54 мм/год (0,3—0,7 мм/год) — имеют верховые и переходные пушицевые и пушицево-сфагновые, переходные и низинные лесные и топяно-

лесные залежи с повышенной степенью разложения, которая в слоях древесных и пушицевых торфов достигает 40—60%.

Биостратиграфическая корреляция торфяных отложений позволила выявить не только средние показатели линейного прироста торфа в целом по разрезу, но и динамику этих показателей в отдельные периоды голоцена. Все три совокупности залежей имеют одинаковую тенденцию временной динамики прироста торфа. Бореальный и атлантический периоды характеризовались максимальными значениями прироста всех трех совокупностей залежей (0,6—1,2 мм/год): SB-период — минимальным (0,43—0,65) и SA-период — средним, причем заметно некоторое увеличение прироста в SA_{1,2}-периоде (0,56—0,86) и уменьшение в SA_{3,4}-периоде (0,48—0,82 мм/год).

Основываясь на обобщенных реконструкциях климата (Хотинский, 1977) и собственных данных, можно предположить, что величина линейного прироста торфа зависит от комплекса факторов, среди которых преобладающими являются климатические, геолого-геоморфологические и гидрологические. Климат, а точнее, режимы влажности и температуры, опосредованно, через растительность и интенсивность биологического круговорота, влияют на особенности аккумуляции и, как следствие, — на величину прироста торфа. Гидрологический режим, характер питающих болота вод, определяют особенности жизнедеятельности растений, набор жизненных форм, а отсюда и условия разложения растительной продукции.

Аккумуляция органического вещества в торфе

Выяснение особенностей и закономерностей формирования торфяных болот в прошлом и настоящем возможно только через познание аккумуляции органического вещества. Поэтому и встали вопросы: какая же часть продуцируемого ежегодно органического вещества аккумулируется в торф; сколько, разлагаясь, вовлекается в круговорот и с одинаковой ли интенсивностью или эти процессы в течение голоцена? В этих вопросах еще много неясного, но попытки получить на них ответ уже имеются.

Используя приемы, применяемые при расчетах Н. И. Пьявченко (1978), мы получили серию значений количества аккумулярованного органического вещества для некоторых видов верхних, переходных и низинных торфов, образовавшихся в ту или иную зону голоцена. Для этого были использованы собственные и литературные данные по величинам фитомассы, прироста и опада в современных сообществах. И если абсолютные значения этих показателей различаются не только между заболоченными лесами и болотами, но и между отдельными типами болот, то значения отношений (в %) прироста к фитомассе, опада к приросту и опада к фитомассе, довольно постоянны. Так, отношение прироста к фитомассе в лесах и лесных болотах равно 16%,

а опада к фитомассе — 13%. На безлесных и слабо облесенных болотах первое значение находится в пределах 39—40%, второе — 31—36%. Эти постоянные величины и были основой для дальнейших расчетов.

В результате, полученные данные по количеству аккумулирующегося в торфе вещества имеют довольно однозначный ряд, в пределах 7—20%, при крайних значениях — 5 и 28%. Причем верховым торфам присуща несколько меньшая аккумуляция органического вещества, чем переходным, что, вероятно, определяется более развитой подземной фитомассой растительности мезотрофных болот, являющейся основным поставщиком вещества для торфа. Если рассматривать этот вопрос в динамике, то получается, что в отрезке с SA по AT-период аккумулировалось 16% органики (диапазон 10—28%); с SB по AT — 15 (12—20%); с AT по BO — 21 (18—28%). Как видно, в начале и в середине голоцена в торф переходило несколько больше вещества, что находит свое объяснение в особенностях природных условий отдельных периодов голоцена.

Естественноисторическая модель формирования и развития болотных экосистем

Для получения представления об общих закономерностях болотообразовательного процесса, сопровождающегося накоплением торфа, был выполнен анализ взаимосвязи болот с основными природными факторами в пределах типичных ландшафтов и только затем составлена усредненная модель этих процессов для всего региона. Эта модель, где в качестве временного отрезка принят 1000-летний интервал, основана на данных по интенсивности заболачивания территории в голоцене, степени заболоченности, интенсивности аккумуляции органического вещества, скорости накопления торфа, особенностях ежегодной продукции. Все процессы увязаны с динамикой климата и некоторыми показателями гидрологического режима в течение 9000 лет.

Полученные данные показывают, что заболачивание территории Карелии шло с различной скоростью: от 190 до 755 га в год, а в среднем 400 га/год. Наибольшей интенсивности заболачивание достигало между 7 и 5 тысячелетиями. На контакте 6 и 5 тыс. л. н. отмечен синхронный перелом показателей интенсивности заболачивания и степени заболоченности. Резкий спад процессов болотообразования произошел в начале суббореала, а затем, между 4 и 3 тысячелетиями — подъем и новый спад. Ближе к современности, после 2 тыс. л. н. процесс болотообразования вновь активизировался.

Анализ показателей интенсивности заболачивания помог выявить существенные колебания в теплообеспеченности и влагообеспеченности суббореала. Литературный и новый фактический материал позволяют сделать вывод о существующей в SB-периоде резкой неоднородности гидрологического режима и коле-

бании базиса эрозии на территории Карелии, которые являются следствием вековых флюктуаций климата и отражаются, как правило, на болотообразовательных процессах. Сопряженный спад интенсивности заболачивания и аккумуляции органического вещества между 5 и 4 тысячелетиями указывает на существенное иссушение и похолодание климата в это время. На основании полученных данных возможно разделение суббореала на три зоны: SB₁ (4,8—4,2 тыс. л. н.) — относительно сухой и холодный, SB₂ (4,2—3,2 тыс. л. н.) — сухой и теплый и SB₃ (3,2—2,2 тыс. л. н.) — холодный с переменной влажностью, чего не удавалось сделать при анализе только палинологических особенностей Карелии этого периода.

Реконструкция особенностей продукционного процесса на болотах была выполнена для наиболее резко контрастных типов, которые определяли и все особенности болотообразования. Исходными данными послужили показатели продукционного процесса (фитомасса, прирост, опад), которые для БО, АТ и SB рассчитаны, а для SA-периода приравнены к современным. Анализ этих данных показывает, что величина производимого ежегодно органического вещества, постепенно, но не однозначно, от бореала к современности, уменьшалась. Снижение количества органического вещества было обусловлено не только особенностями природной обстановки, но и эндогенезом болотной растительности, в разной степени соответствующей комплексу факторов среды каждого периода.

Таким образом, проведенный анализ линейного и горизонтального роста болот, интенсивности болото- и торфообразования, динамики продукционного процесса, показал поступательный, но не однозначный характер развития болот, чутко реагирующих на изменения среды обитания и являющихся поэтому достаточно хорошими индикаторами этих изменений. Основываясь на повышенной величине продукции евтрофной и мезотрофной растительности в БО- и АТ-периодах, отмечено, что экологический их оптимум пришелся на 9—5 тыс. лет назад. Сфагновые олиготрофные формации своего экоэкологического расцвета, судя по величине продукции, достигают в SA_{1,2}-периоде. Одной из причин существенного спада суммарной продукции болот в SA_{3,4}-периоде и в настоящее время является широкое распространение комплексного строения микрорельефа и растительности, а отсюда и значительного понижения продуктивности мочажин и озерков.

Реконструкция растительности болот по данным ботанического состава торфа

Положение о том, что торф, будучи производным от растительного покрова, в измененном виде, но все же отражает основные особенности своих материнских сообществ, и явилось основой для дальнейших расчетов и выводов.

Сравнение состава отдельных, наиболее распространенных видов торфа с составом их материнских сообществ показало, что поскольку при торфообразовании полностью или почти полностью исчезают некоторые виды, то происходит перераспределение их значимости. Оказалось, что наиболее уверенно сопоставляются группы торфа — с типом растительности, а отдельные виды торфа — с формациями или классами ассоциаций.

В результате проведенного анализа всего набора видов торфа и распределения их по периодам голоцена была рассчитана относительная и абсолютная частота встречаемости основных торфообразующих растительных сообществ. В расчетах мы исходили из значений соотношения отдельных видов торфа в каждой из зон или периодов голоцена. Всего на основании обобщенной характеристики видов торфов удалось выделить 49 формаций, в разной степени типичных для голоценовых и современных болот.

Конкретизация обобщенных показателей динамики растительности выполнена путем учета роли мхов в сложении болотных сообществ в разные периоды голоцена. Анализ динамики наиболее значимых видов зеленых и сфагновых мхов, поставленный на количественную основу, позволил выявить основные звенья сукцессий растительности с доминированием или участием тех или иных видов мхов. Так, установлено, что господство родов *Drepanocladus* и *Calliergon*, а также *Sphagnum teres* пришлось на BO_2 - и AT_2 -периоды, а *S. fuscum*, *S. balticum*, и *S. majus* — на SA -период. Суммарная значимость мхов в целом также была разной в течение голоцена: наибольшей роли в сложении растительности мхи достигают в SA -период.

Результаты проведенного анализа растительности болот голоцена показали, что временная динамика эколого-фитоценологического оптимума отдельных крупных таксонов растительности является достаточно отчетливо. Так, оптимум травяных и травяно-моховых сообществ тяготеет к ранним периодам: BO_2 — AT_2 . Последнее подтверждается и повышенной величиной их продукции в это же время. Распределение по времени мезотрофных травяно-сфагновых сообществ не имело четко выраженной закономерности, но отдельные их таксоны показывают дифференцированную динамику: осоково-сфагновые были более значимы до 6,5 тыс. л. н., а шейхцериево- и пушицево-сфагновые — с 2,5 тыс. л. н. и до настоящего времени. В динамике сообществ древесного, древесно-травяного и древесно-мохового типов растительности видно нарушение поступательности, связанное с климатогенными сукцессиями. Особенно существенно увеличилась роль лесных и облесенных болот в суббореале. Соотношение безлесных сообществ разной трофности в суббореале также изменилось; большое значение, примерно равное с мезотрофными, приобретает олиготрофная растительность.

Уменьшение тепла и повышение влажности в начале субатлантического периода вновь изменило ход сукцессионных про-

цессов на болотах, что привело почти к полному исчезновению лесных болот, повышению интенсивности болотообразовательного процесса, формированию и распространению грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов. Субатлантический период, приближающийся по сумме природных факторов и соотношению основных растительных сообществ на болотах к настоящему времени, находится на качественно новом этапе по отношению к суббореалу. Основные его особенности — уменьшение до минимума роли лесных и облесенных болот и скачкообразное увеличение мезотрофных и олиготрофных сообществ застойного и проточно-застойного режимов увлажнения, или другими словами, не просто увеличение, а засилье сфагновых мхов, становящихся эдификаторами не только на олиготрофных, но и мезотрофных болотах. В результате, за 2,5—3 тыс. лет ими было оккупировано свыше 1,0 млн. га болот и около 1,5 млн. га лесов, которые перешли в категорию заболоченных. Последнее, естественно, привело к коренной перестройке природно-растительных ландшафтов.

Возможность **ретроспективного прогноза развития болотных экосистем** основывается на выявленных тенденциях этого процесса в голоцене, моделях развития климата в будущем (Будыко, 1980; Краснов, 1973) и учете антропогенных факторов. На основании имеющегося материала рассчитан характер и интенсивность заболачивания в будущем, примерно на 1000-летний интервал. Первый вариант прогноза составлен исходя из предположения неизменности климатической обстановки в ближайшее тысячелетие; второй — при условии существенного потепления. Но учет даже некоторых антропогенных факторов, таких как мелиорация, уже вносит существенные коррективы. Анализ всех данных показал, что процесс болотообразования, близкий к естественному, сохранится лишь на севере Карелии. Поэтому, чтобы не допустить заболачивания новых земель, осушать здесь необходимо столько, на сколько увеличивается ежегодно площадь болот (200—500 га). В южной Карелии, даже если сохранится современная интенсивность мелиорации, уже в ближайшие десятилетия естественных болот практически не останется. Поэтому здесь особенно остро уже сейчас стоит вопрос об охране не только ягодоносных, но и типичных болот.

Использование приведенных в работе данных позволяет сделать научно-обоснованный расчет соотношения естественных и осушаемых земель, что необходимо для сохранения экологического равновесия и генофонда растений болот, причем не только в среднем по Карелии, но и по основным типичным ландшафтам.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИНТЕНСИВНОСТИ БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Сопряженный палинолог-стратиграфический анализ позволил выявить причинно-следственные связи между болотными экосистемами, интенсивностью болотообразовательного процесса и

некоторыми факторами среды, имеющими следующий, после климата, уровень значимости. Для этого использован разработанный нами метод расчета возраста торфяных отложений и степени заболоченности территории в непрерывном тысячелетнем интервале, дающий основание делать выводы о зависимости этих процессов и явлений от конкретной геолого-геоморфологической и гидрогеологической обстановки. Оказалось, что выделенные А. Д. Лукашовым (1976) три высотных яруса рельефа характеризуются не только каждый своим комплексом природных факторов (соотношение осадков с испарением, сочетание типов рельефа, уклоны поверхности, степень дренированности), но особенностями всего болотообразовательного процесса. Так, верхний высотный ярус, соответствующий гипсометрическим отметкам до 300 м и включающий Северо-, Западно- и Восточно-Карельский районы, попадает в зону устойчивых поднятий. Этот ярус характеризуется средним коэффициентом густоты линейных элементов ($0,21—0,31 \text{ км/км}^2$) и относится к району питания подземных вод со средним их модулем, равным $3—5 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ (Лось, 1976, 1977). Если сравнивать выделенные А. Д. Лукашовым контуры перечисленных районов со степенью их заболоченности, то она окажется здесь наименьшей для Карелии ($5—15\%$).

Средний высотный ярус рельефа, имеющий абсолютные отметки до 180 м, характеризуется максимальной мегатрещиноватостью фундамента и относится к зоне дифференцированных движений. Территориально — это Центральные и Южно-Карельские районы. Степень дренированности, определенная трещиноватостью, а отсюда и коэффициентом густоты линейных элементов ($0,37—0,61 \text{ км/км}^2$) также довольно высокая. Относясь к зонам транзита и разгрузки подземных вод, указанная территория имеет более низкий модуль подземного стока, равный $1—3 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$. Восходящие родники, расход воды которых составляет $43,6 \text{ л/с}$ на 10 км^2 (на верхнем ярусе рельефа он равен $6,6 \text{ л/с}$), совместно с грунтовыми и трещинными водами обильно питают болота, что при большей выравниваемости рельефа определяют значительную заболоченность территории: $30—35$ до 50% .

Нижний высотный ярус рельефа с отметками до 100 м, охватывающий Беломорский и часть Южно-Карельского района, находится в зоне относительных погружений коры и преимущественной разгрузки подземных вод. Здесь все показатели: мегатрещиноватость, густота линейных элементов, а отсюда дренированность территории, наименьшие. Модуль подземного стока равен 1 (и меньше) $\text{л/с} \cdot \text{км}^2$. Самая высокая степень заболоченности отмечается на этом уровне на озерной (Олонецкой) и морской (Прибеломорской) равнинах. Достигая соответственно $40—50$ и $70—80\%$, она усугубляется здесь малой расчлененностью рельефа и близко расположенным водоупорным горизонтом из глин и сульфидов, препятствующих инфильтрации атмосферных осадков.

На фоне общей направленной тенденции болотообразования проявляется дифференцированный его характер в конкретных геолого-геоморфологических условиях (Бискэ, 1959). Последний выражается в особенностях горизонтального и вертикального роста болот, где замедление одного слагаемого компенсируется усилением другого.

Близкий к средней обобщенной модели характер болотообразования более всего присущ моренным и озерным равнинам: в первом случае торфяные болота захватывали ежегодно (из расчета на 1000 га площади, в среднем для всего голоцена) 450—500 м², во втором — 300—400 м². Наибольшую интенсивность этот процесс имел здесь в бореальном и атлантическом периодах, минимальную — в суббореальном, среднюю — в субатлантическом. В денудационно-тектоническом рельефе болота захватывали 150—160 м²/год, а максимум интенсивности болотообразования был сдвинут на суббореальный и субатлантический периоды. Это явление индуцирует постоянно-проточный водный режим болот расчлененных форм рельефа и участие в питании болот грунтовых и подземных вод. Наивысшая интенсивность болотообразования была характерна для морских равнин, здесь болота занимали до 850—900 м²/год.

Влияние топоэдафических и гидрологических факторов зримо проявляется в стратиграфии болот, отражающей особенности сукцессионного процесса растительности и определенную последовательность стадий развития. По этому признаку, т. е. по типу динамики, все болота делятся на 4 совокупности, каждая из которых индуцирует присущую ей динамику природных процессов голоцена и имеет современное выражение в виде определенной фазы и стадии развития. Первая совокупность представлена в основном низинными залежами и евтрофно-мезотрофной фазой развития. Вторая — объединяет разрезы с переходной залежью и современной мезотрофной фазой развития с преобладанием травяно-сфагновой растительности. Третья совокупность характеризуется смешанной залежью, образованной преимущественно переходными торфами, перекрытыми небольшим слоем верховых. Мощный слой пушицевых торфов, часто представленный здесь в середине залежи, имеет более высокую степень разложения и служит «подошвой» для комплексных торфов, с вертикальным напластованием в них грядовых и мочажинных видов. Современная стадия этой совокупности болот — олиготрофная сфагновая, простая или комплексная. Четвертая совокупность болот представлена в основном верховыми сфагновыми залежами: фускум или комплексом фускум и мочажинных видов. Это преимущественно южноприбалтийские печеночно-лишайниково-сфагновые грядово-мочажинно-озерковые болота.

Болота первой, второй и четвертой совокупности имеют довольно четко очерченные пространственные рамки в пределах не только высотных уровней рельефа, но и подзольных полос.

Поэтому их можно назвать климатогенными типами. Болота третьей совокупности, которые рассредоточены по всей территории, можно отнести к топогенным типам.

Формирование и развитие комплексного микрорельефа рассматривается лишь во временном аспекте, поскольку в таком плане этот вопрос в литературе по болотоведению практически не затрагивался. Анализ большого фактического материала, представленного парным бурением гряд и мочажин, показал, что олиготрофные сфагновые комплексы возникали в интервале 4500 (5000) — 1500 лет назад, а евтрофно-мезотрофные и мезотрофные — 3000—500 (и менее) л. н. Формирование комплексов на болотах было следствием поступательного их развития, происходившего в соответствии с изменением климата и, в целом, факторов среды. Сфагновые мхи имели решающее значение в процессе образования комплексов, о чем свидетельствует совпадение во времени их широкого распространения и параллельное увеличение роли видов мхов с резко различной экологией.

РЕКОНСТРУКЦИЯ И КАРТИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛОЦЕНА

Опыт картирования растительности прошлых геологических эпох, даже таких сравнительно мало удаленных по времени, как голоцен, еще очень невелик. В настоящей главе впервые для Карелии приведены результаты крупно- и мелкомасштабного картирования палеорастительности отдельных временных срезов голоцена (начиная с бореального времени) с показом при этом географически обусловленных категорий растительности. Крупномасштабное картирование проводилось на формационно-типологическом уровне, мелкомасштабное — на подзонально-формационном. В последнем случае, в результате учета поместных физико-географических условий, были выделены отдельные контуры с преобладанием тех или иных формаций. Хорологические категории, очень крупные в выбранном мелком масштабе карт, естественно занимают не однотипные, но «биологически равноценные местообитания» (Сукачев, 1972). Карты палеорастительности, создаваемые с использованием приемов актуализма и экстраполяции, имеют в какой-то степени вероятностный характер, но достоверность их можно считать уже довольно высокой.

В качестве фона для картирования растительности голоцена выбраны такие наиболее постоянные, меньше всего меняющиеся природные факторы, как рельеф и литология четвертичных отложений, определявшие пространственное размещение растительности. Кроме того, были использованы топокарты с гипсометрией и различные карты природного районирования. Карты палеорастительности составлялись по следующим временным срезам: бореальное время — 8500—8000 л. н., атлантическое — 6000—5000 л. н., суббореальное — 4000—3000 л. н., субатлантическое —

1500—1200 л. н. Перечисленные временные срезы дают возможность реконструировать сложившуюся, «климаксовую», растительность каждого из периодов голоцена, сделав это в наиболее краткой форме с показом основных этапов ее динамики.

Все легенды к картам построены по типолого-географическому принципу. Самыми их крупными подразделениями являются широтные полосы, в пределах которых выделяются картируемые категории, по своему объему соответствующие чаще нескольким, пространственно или экологически близким группам ассоциаций. Широко использовано отражение растительности в виде мезокомбинаций (Грибова, Исаченко, 1972), или сочетаний (Исаченко, Рачковская, 1961), что продиктовано особенностями строения поверхности Карелии: преобладанием расчлененного рельефа разного генезиса, пестротой литологического состава пород и гидрологического режима. При составлении легенд к картам палеорастительности мы опирались на имеющиеся легенды современной растительности к картам соответствующего масштаба (Карта растительности европейской части СССР, 1974; Геоботаническая карта Нечерноземной зоны РСФСР, 1975; Грибова и др., 1975; Растительность СССР, 1980), но естественно легенды карт палеорастительности имеют значительно меньшую детальность, а их категории и пространственные выделы — более обобщенный характер.

С целью повышения достоверности мелкомасштабных результатов карт было выполнено **крупномасштабное картирование палеорастительности** отдельных, наиболее детально изученных, ключевых участков. Один из них приурочен к Шуйской равнине, расположенной на линии предполагаемого Онежско-Ладожского позднеледникового соединения и на стыке двух подзональных лесных формаций (сосновых и еловых). В результате выполнения комплексных исследований, которые включали изучение рельефа и четвертичных отложений, почв, гидрологического и климатического режимов, современной растительности и ее биологической продуктивности, состава субрецентных спектров, стратиграфии болот и палинологии отложений был отработан подход к картографическому изображению палеорастительности в крупном масштабе и получены новые фактические данные о палеогеографии территории. В частности, анализ детальной стратиграфии грядово-мочажинных комплексов болот, расположенных в пределах ключевого участка, помог выявить интересные особенности в сменах растительности. На контакте бореального и атлантического периодов в стратиграфии болот отмечены резкие и синхронные границы между отдельными видами торфов. Последний факт может служить хорошим подтверждением предполагаемой скачкообразной смены гидрологического режима на всей территории равнины на стыке этих периодов ($7600 \pm \pm 100$ л. н.), совпадавшей со спуском остаточного послеледникового водоема примерно на 10 метров. Общее снижение базиса

эрозии очень быстро сказалось на гидрологическом режиме болот, а затем и на их растительности. Мезотрофные топяные ценозы в течение короткого времени сменились на олиготрофные мезогидрофильные; пушицево-сфагновые — на кустарничково-пушицево-сфагновые. Гидрологический режим последних был переменным, со значительным понижением уровня грунтовых вод летом, свидетельством чего является весьма высокая степень разложения отложенных ими торфов и меньший — в сравнении с бореалом, прирост торфа (0,5 мм/год).

Интересно отметить, что времени предполагаемой неотектонической активности, которую Г. Ц. Лак (Елина, Лак, 1980) относит на середину атлантического периода (около 6000 л. н.), соответствует ряд признаков в стратиграфии болот, которые могут служить косвенным подтверждением неотектоники. В одних случаях в залежи происходило увеличение, в других — уменьшение остатков растений иного, чем ранее, гидрологического режима, в третьих — увеличение степени разложения торфа. Все перечисленные признаки говорят о синхронных переменах, что может быть результатом изменения гидрологического режима, произошедшего, в данном случае, после неотектонических подвижек.

На основании всех приведенных выше данных по палеогеографии Шуйской равнины, можно сделать вывод о возможности реконструирования и картирования палеорастительности на формационно-типологическом уровне лишь при наличии детального фактического материала по современным закономерностям природных процессов и субрецентным спектрам, полученным непосредственно в данном регионе. Субрецентные спектры показали достоверную степень адекватности с растительностью подзонального уровня, формационный же уровень довольно легко идентифицируется при внесении соответствующих поправок (коэффициентов) между пыльцой и производящими ее древесными растениями. Локальные и узколокальные особенности растительности более достоверны для болотной растительности и труднее улавливаются — для лесной. Хорологические закономерности лесной растительности на уровне обобщенных групп типов леса оказалось возможным воссоздать лишь с привлечением данных по геолого-геоморфологическим, гидрологическим и почвенным особенностям территории.

При мелкомасштабном картировании зональная, климатически обусловленная растительность каждого временного среза рассматривалась в статике, но в целом для серии получено представление о непрекращающемся изменении растительности во времени и пространстве.

Корреляция обобщенных данных по пространственно-временной динамике растительности лесов и болот с климатом и абсолютной хронологией позволила получить следующий сукцессионный ряд изменения природной среды:

В аллереде, в результате потепления климата (в сравнении со средним дриасом), началось активное распространение березы (*Betula pubescens*) — породы-пионера при залесении территории. Господствующими становятся березовые редколесья, которые сочетались с перигляциальными комплексами. Озерность территории была очень высокой — вероятно более 30% (сейчас — 18%), а климат был сухим и холодным, но с заметной тенденцией к потеплению. Временной отрезок аллереда соответствует примерно 12 000—11 000 л. н.

Молодой дриас (время 11 000—10 200 л. н.): климат холодный и сухой. Растительность представлена тундровыми и тундроподобными (тундро-степи) группировками. Значительно больше, чем в аллереде, роль перигляциальных комплексов. Озерность — около 30%. Осадки — минерогенные, велико значение ленточных глин.

Пребореал (10 200—9200 л. н.) — также холодно и сухо, но в отличие от предыдущего периода — летом теплее, а зимой холоднее. В начале периода было существенное, но кратковременное потепление, затем снова похолодание. Господствующими становятся березовые редкостойные леса, северотаежно-лесотундрового характера. Послеледниковые водоемы занимают по-прежнему большие площади, но в озерах начинается накапливаться сапропель, появляются первые элементы зарастания озер.

Бореальный период (9200—7800 л. н.). Значительно теплее и влажнее предыдущего, но показатели климата не достигают современного значения, причем они очень непостоянны. Например, на контакте BO_1/BO_2 было существенное потепление и увеличение влажности. Леса, в начале бореала — березовые, затем — сосново-березовые, близкие по своему характеру к океаническим средне- и северо-таежным. Начинается активное заболачивание, накапливаются сапропели.

Атлантический период (7800—4900 л. н.). Климат теплый и влажный — климатический оптимум. Уже в начале периода (около 8000 л. н.) температура за короткий промежуток (200—300 лет) существенно повысилась (~на 4—5° по сравнению с BO). Леса — южнотаежные и подтаежные, в начале периода — сосновые, затем — елово-сосновые. Интенсивность и вертикального и горизонтального роста болот очень высокая; болота в основном травяные и травяно-моховые евтрофные и мезотрофные. Годичная продукция лесов и болот — максимальная.

Суббореальный период (4900—2500 л. н.) в целом холоднее предыдущего, влажность переменная: SB_1 — холодно и сухо, SA_2 — тепло и сухо и SB_3 — холодно, влажность переменная. Леса сосново-еловые и еловые средне- и южнотаежные. Интенсивность заболачивания и нарастания торфа существенно снижается, но суммарная продукция примерно та же, что и в АТ. Последнее определяется значительной долей лесных и облесенных болот. Для болот характерно усиление процессов засфаг-

нения и залесения. Преобладают болота мезотрофного типа питания.

Субатлантический период (от 2500 л. н. до настоящего времени). В целом он холоднее и влажнее суббореала, причем с резко переменными показателями температуры и осадков. Первая половина — леса еловые и сосново-еловые северо- и среднетаежные; вторая половина — елово-сосновые и сосновые. Характерна активизация болотообразовательного процесса за счет увеличения линейного и горизонтального приростов торфа; происходит увеличение годичной продукции на болотах, резко возрастает роль олиготрофных сфагновых мхов с различной экологией, формируется и распространяется комплексность.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В результате комплексного анализа природы, выполненного известными и модифицированными методами, обеспечивающими взаимный контроль и достоверность полученных данных, составлена модель развития растительности в голоцене, этапы которой четко отражают изменение климата.

2. Главная тенденция развития растительности в голоцене — направленная этапность, повторяющая с некоторым запозданием этапность развития природно-климатических процессов и сопоставимая с теми же тенденциями в межледниковые периоды.

3. Динамика растительности лесов и болот имеет в целом сопряженный характер. Леса являются индикатором климата в широкорегиональном и региональном аспектах, что отвечает подзональным полосам; болота в большей степени отражают колебание влажности, опосредованные через гидрологический режим в его региональном и локальном проявлениях.

4. Основной формой развития растительности в начальные этапы голоцена (ВО и АТ) является эндогенез, совершенно отчетливо замещающийся в начале суббореала климатогенным вариантом экзогенеза. Сочетание эндо- и экзогенеза, с превалированием одного над другим в разных по рельефу и гидрологии ландшафтах, присуще последнему периоду голоцена — субатлантическому.

5. Главный переломный к современности момент в развитии лесных и болотных экосистем приравнивается к суббореально-субатлантическому контакту, с которого началась экспансия олигомезотрофных и олиготрофных сфагновых мхов. Результатом была оккупация ими свыше 1,0 млн. га болот и около 1,5 млн. га лесов, перешедших в категорию заболоченных, что привело к коренной перестройке природно-растительных ландшафтов. Выявленная тенденция имеет существенное значение для планирования народнохозяйственных мероприятий в республике.

6. Высокая степень заболоченности территории Карелии и значительный удельный вес болот в природопользовании региона

определили акцент внимания на динамике болотных экосистем в их структурном и функциональном проявлении. В результате показано, что болотообразовательный процесс индицирует природно-климатические условия, а его интенсивность меняется вслед за изменением климата. В целом, этот процесс имел поступательно-волнообразный характер, соответствующий изменениям режима тепло- и влагообеспеченности отдельных периодов голоцена. Наиболее интенсивным он был в BO- и AT-периодах, наименее — в SB-периоде, средним — в SA-периоде.

7. Сопряженный палинолог-стратиграфический анализ позволил выявить причинно-следственные связи между болотными экосистемами, интенсивностью болотообразовательного процесса и некоторыми факторами среды, имеющими следующий, после климата, уровень значимости. На фоне общей направленной тенденции болотообразования проявляется дифференцированный его характер в конкретных гидрогеологических условиях. Последний выражается в особенностях горизонтального и вертикального роста болот, где замедление одного слагаемого компенсируется усилением другого.

Влияние топоэдафических и гидрологических факторов зримо проявляется в стратиграфии болот, хранящей сведения об особенностях сукцессионного процесса растительности и определенной последовательности стадий развития. По этому признаку все болота делятся на 4 совокупности, каждая из которых индицирует свою динамику растительности и имеет современное выражение в виде определенной фазы и стадии развития.

8. Пространственно-временной аспект исследования подчеркивает изменчивость и движение во времени эколого-фитоценотического оптимума основных категорий растительности болот, отвечающей той или иной природно-климатической обстановке голоцена.

9. Картирование растительности голоцена, выполняемое с помощью приемов актуализма и экстраполяции, позволяет составлять карты палеорастительности, которые имеют вероятностный характер, но степень достоверности их уже довольно высокая. Последняя обеспечивается взаимным контролем сопряженно применяемых методов. Крупномасштабное картирование палеорастительности возможно проводить на формационно-типологическом уровне, мелкомасштабное — на подзонально-формационном.

10. Выявленные закономерности развития растительности использованы как основа не только для палеоклиматических заключений, но и обобщенного прогноза изменения природы в будущем. Ретроспективный прогноз развития болотообразовательного процесса показывает широкие возможности применения полученных разработок в плане конкретного планирования по рациональному использованию растительных ресурсов. Перспективность выполненных исследований состоит в возможности применения разработанных методов в районах с близкими природными

условиями, а также дальнейшей детализации исследований на конкретных территориях, в целях составления детальных планов природопользования в будущем.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Елина Г. А. К истории развития болот юго-восточной части Прибеломорской низменности. — Бот. ж., 1969, т. 54, № 4, с. 545—553.
2. Елина Г. А. О развитии болот в глубоких впадинах на севере Карелии. — В кн.: Голоцен. М., Наука, 1969, с. 165—171.
3. Елина Г. А. Типы болот Прибеломорской низменности. — В сб.: Пути изучения болот Карелии. Петрозаводск, 1971, с. 51—79.
4. Елина Г. А. Корреляция спорово-пыльцевых спектров голоцена Карельской АССР, Ленинградской области и Финляндии. — В кн.: Палинология голоцена. М., 1971, с. 91—104.
5. Елина Г. А. Внутривлашафтное районирование болот Прибеломорья и примыкающих к нему ландшафтов на основе комплексного картографирования. — В сб.: Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск, 1971, с. 194—205.
6. Елина Г. А. Некоторые вопросы голоценовой истории растительности болот Карелии по данным пыльцевого анализа торфяных и сапропелевых отложений. — В кн.: Доклады III-й Международной палинологической конференции. Новосибирск, 1971.
7. Елина Г. А. Типы болотных массивов северной Карелии. — В сб.: Типы болот СССР и принципы их классификации. Л., 1974, с. 69—77.
8. Елина Г. А. Структура и продуктивность болот Карелии. — Тез. докл. представл. XII Межд. бот. конгрессу. Л., 1975, с. 185.
9. Елина Г. А. Типы болот Шуйской равнины. — В сб.: Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск, 1977, с. 5—19.
10. Елина Г. А. Реконструкция растительности болот по ботаническому и спорово-пыльцевому анализам. — В кн.: Общие методы изучения истории современных экосистем. М., Наука, 1979, с. 62—75.
11. Елина Г. А. Динамика лесов и болот Карелии в голоцене по палинологическим данным. — В сб.: Болотно-лесные системы Карелии и их динамика. Л., 1980, с. 5—51.
12. Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л., 1981, 156 с.
13. Елина Г. А. Естественно-историческая модель динамики болотных экосистем в голоцене на территории Карелии. — Тезисы докладов к XI Междунар. конгрессу ИНКВА, Москва, 1982, т. III, с. 132—133.
14. Елина Г. А., О. Л. Кузнецов. Структура и продуктивность основных типов болот Карелии. — Биол. проблемы Севера. VI симпозиум, вып. 3 (ботаника и раст. ресурсы). Тез. докл. Якутск, 1974, с. 126—132.
15. Елина Г. А., О. Л. Кузнецов. Особенности круговорота органического вещества на болотах средней Карелии. — Биол. проблемы Севера. VII симпозиум (ботаника). Тез. докл. Петрозаводск, 1976.
16. Елина Г. А., О. Л. Кузнецов. Биологическая продуктивность болот Карелии. — В сб.: Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск, 1977, с. 105—122.
17. Елина Г. А., О. Л. Кузнецов. Типы болот, их использование и охрана. — В сб.: Биологические ресурсы района Костомукши, пути освоения и охраны. Петрозаводск, 1977, с. 5—23.
18. Елина Г. А., О. Л. Кузнецов. Радиохронология основных биоэкологических рубежей торфяных отложений Карелии. — В сб.: Изотопные и геохимические методы в биологии, геологии и археологии. Тез. докл. Тарту, 1981, с. 33—36.

19. Елина Г. А., Г. Ц. Лак. Развитие болот и лесов Шуйской равнины в голоцене. — В сб.: Болота Европейского Севера. Петрозаводск, 1980, с. 185—230.
20. Елина Г. А., Лебедева Р. М. Голоценовая динамика ландшафтных зон Северо-Запада. — В сб.: Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. Москва, 1982.
21. Елина Г. А., А. А. Лийва. Голоценовая история болот Карелии в свете радиохронологии. — В кн.: Геохронология четвертичного периода. М., Наука, 1980, с. 4453.
22. Елина Г. А., Чачхияни В. Н. Зональное сопоставление спорово-пыльцевых комплексов голоцена Карелии. — В сб.: Докл. ВГО. Апатиты, 1971, с. 20—25.
23. Елина Г. А., Чачхияни В. Н. Динамика растительности болот Шуйской равнины. — В сб.: Генезис и динамика болот, вып. 1, М., 1978, с. 56—59.
24. Елина Г. А., Т. К. Юрковская. О прибаломорских болотах Карелии. — Бот. ж., 1965, т. 50, № 4, с. 486—497.
25. Елина Г. А., Т. К. Юрковская. Растительность и стратиграфия болотных массивов в камовом рельефе у Луусальмы (северная Карелия). — В сб.: Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск, 1971, с. 95—102.
26. Климанов В. А., Елина Г. А. Палеоклимат Северо-Запада европейской части СССР в голоцене. — ДАН СССР, т. 252, — 2, с. 419—423.
27. Лийва А. А., Елина Г. А., Чачхияни В. Н., Ринне Т. Список радиоуглеродных датировок института зоологии и ботаники АН ЭССР. Сообщение IX Изв. АН ЭССР, 1979, т. 28, № 3, с. 214—224.
28. Пьявченко Н. И., Елина Г. А. Вопросы структуры и динамики болотных биогеоценозов. — В сб.: Топол. аспекты изуч. поведения веществ в геосистемах. Тез. докл. Иркутск, 1973, с. 20—24.
29. Пьявченко Н. И., Елина Г. А., Чачхияни В. Н. Основные этапы истории растительности и торфонакопления на востоке Балтийского щита в голоцене. Бюлл. ком. по изуч. четверт. периода, 1976, вып. 45, с. 3—24.
- Elina G. A. Types of swamps in Northern Karelian. Otaniemi, Finland. The proceedings of the 4th internat. congress, vol. 1. 1972.
- Elina G. A. Biological productivity of Karelian peatlands. Proceedings the international symposium on forest Drainage, Finland. 1974.
- Liiva A., Elina G., Tchatchkiani V. Tartu Radiocarbon. Radiocarbon, vol. 21, N 3. 1979.

Елина