

М. ИЛОМЕТС, Э. ИЛЬВЕС, Р. РАЯМЯЭ

О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ ПРИРОСТА ТОРФА НА ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ ЭСТОНИИ

Изучение прироста торфа имеет почти вековую историю. Основной трудностью изучения было определение точного возраста слоев торфа в залежи. Ранее определяли возраст торфа по соснам (Borggreve, 1889) и по пограничному горизонту (Weber, 1902; и др.). Широкое применение имел и имеет палинологический метод. Новый уровень был достигнут с внедрением радиоуглеродного метода летоисчисления. За последний 20-летний период использования этого метода датировано большое количество образцов торфа по всей территории распределения болот. Имеется немало работ, посвященных изучению динамики развития болотных отложений в пространстве и времени по климатическим стадиям (за тысячелетия).

Более углубленное изучение развития и прироста болотных массивов нуждается в более частом датировании слоев торфа в залежи. Это позволило бы перейти от тысячелетних интервалов к столетним, но для этого нужно огромное количество датировок. Б. Ааби и Х. Таубер (Aaby, Tauber, 1975), изучая прирост одного верхового болота в Дании, для определения возраста слоев торфа лишь в одной скважине, мощностью 2,5 м, пользовались 55-ю датировками. Но на сегодняшний день датирование требует немалых затрат времени и труда. Кроме того, следует учесть, что радиоуглеродный метод в сущности является вероятностным методом. Значит, действительный возраст образца находится в известном временном интервале (при вероятности 95% — обычно в интервале 80—200 и более лет). Из этого следует, что при любой частоте датирования образцов торфа в скважине все-же сохраняется известная неопределенность возраста отдельных слоев. Поэтому чрезмерное увеличение числа датировок необосновано.

Неплохих результатов определения возраста всех слоев и прослоек торфа во всех скважинах массива на основе ограниченного количества радиоуглеродных датировок позволяет достичь метод константного объемного веса торфа (Илометс, 1980). Установленную в одной скважине зависимость между объемным весом торфа данного типа и возрастом слоя единичной мощности можно экстраполировать на весь болотный массив, так как его влагосодержание устойчиво (Иванов, 1953).

Для проверки метода на трех верховых болотах Эстонии датировано 43 образца верхового торфа из 10 скважин (рис. 1). 30 датировок Западного массива болотной системы Нигула (Юго-Западная Эстония) выполнены в секторе геобихимии Института зоологии и ботаники АН ЭССР под руководством Э. Ильвеса. Часть датировок опубликована ранее (Сарв, Ильвес, 1976). 8 датировок верховых болот Леэни (на 8 км севернее болотной системы Нигула) и 5 датировок Мянникъярве (болотная система «Эндла» на юго-западном склоне Пандивереской возвышенности) выполнены в лаборатории изотопной

геологии Института геологии АН ЭССР под руководством Р. Раямяэ (Пуннинг и др., 1983).

При бурении залежей названных болот выделяли самые тонкие прослойки торфа (мощностью 0,5 см) и были установлены их объемный вес, степень разложения, а также видовой состав растительных остатков. Всего на болоте Нигула (площадь 800 га) пробурены 53 скважины, на болоте Леэни (180 га) 11 и на болоте Мяникъярве (320 га) 16 скважин.

Основой метода константного объемного веса торфа служит предположение временного постоянства аккумуляции органического вещества в верховом торфе. Экспериментальное подтверждение такого допущения выявлено при изучении количественной динамики органического вещества в торфогенном слое (Илометс, 1979).

Распределение вычисленных возрастов торфа (рис. 1) дано по дендрохронологической корреляции Э. К. Ральфа и соавторов (Ralph и др., 1976). Теоретическое распределение должно иметь линейный характер. Однако оказалось, что вычисленные возрасты отличаются от датированных от минус 170 до плюс 100 лет, максимально на ± 330 лет. Из 43-х возрастов вполне совпали 32, но если учесть трехкратную ошибку ($\pm 3\sigma$), не совпадают лишь 6 вычисленных возрастов. Определенные отклонения имеются в интервалах 500—900 и 1500—1700 л. н.

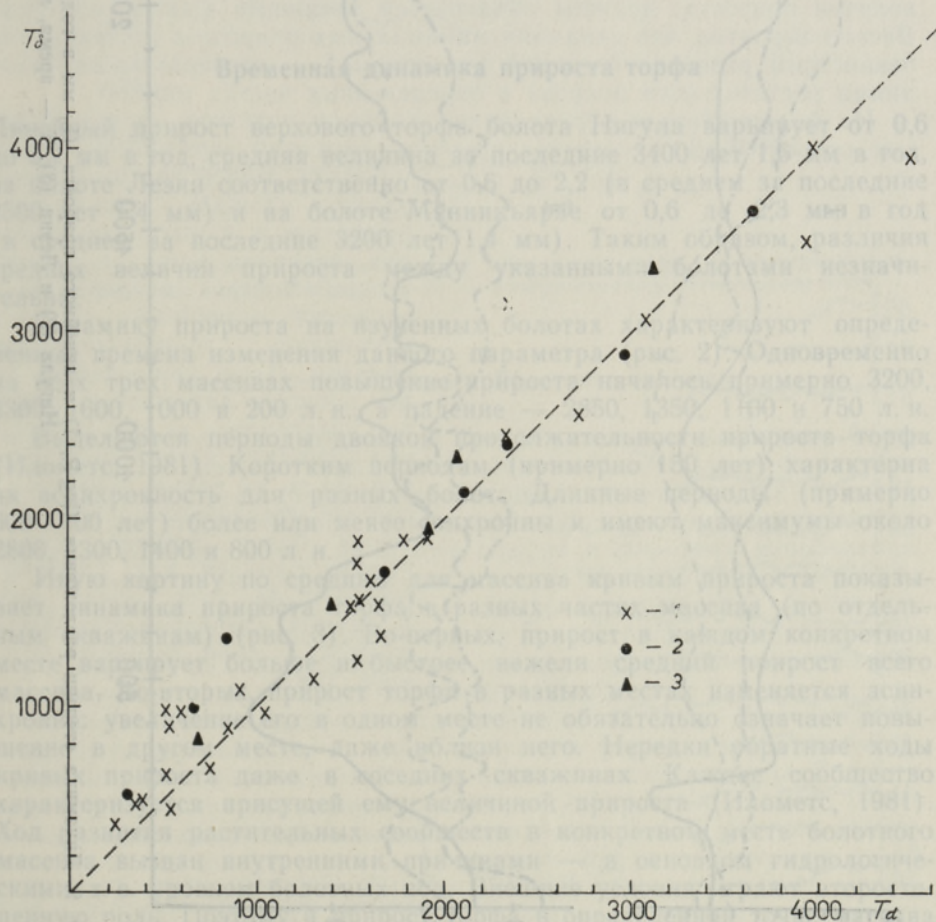


Рис. 1. Распределение вычисленных возрастов (T_d) по дендрохронологической корреляции Э. Ральфа (T_d). 1 — Нигула, 2 — Леэни, 3 — Мяникъярве, Т — время, л. н.

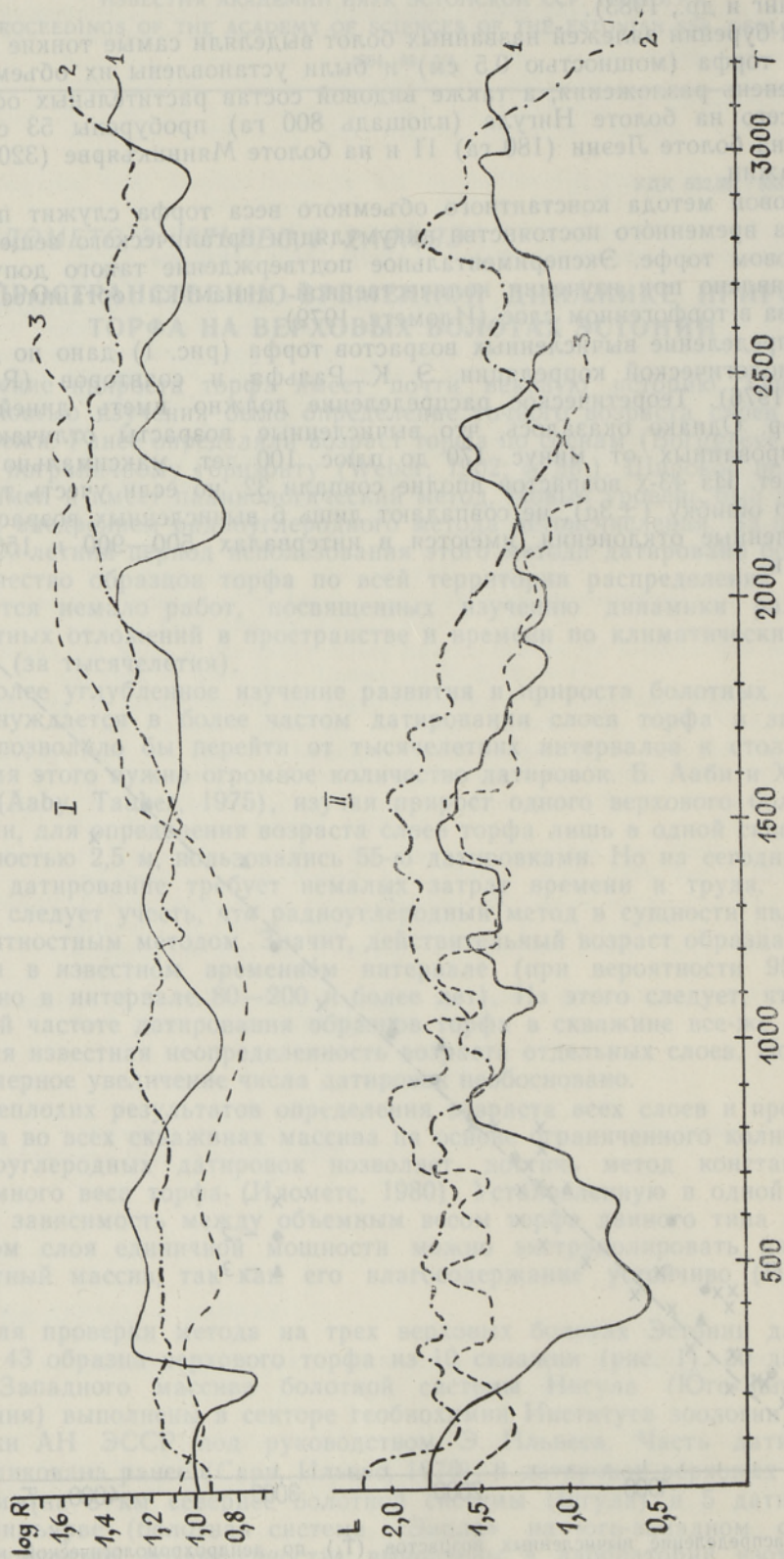


Рис. 2. Динамика степени разложения ($\log R$, I) и линейного прироста (L , мм в год) верхового торфа (II) на болотах Минникярве (I), Нигула (2) и Лезни (3). Т — время, л. н.

Интересно отметить, что датировки некоторых последующих слоев в интервале 1500—2300 л. н. весьма сходны (есть даже инверсия возрастов). На основе датировок оказывается, что за очень короткий промежуток времени (40—100 лет) образовался слой торфа 23—76 см. Вероятность такого кратковременного и скачкообразного увеличения прироста залежи приближается к нулю.

Характерной чертой отклонения в интервале 500—900 л. н. (на глубине 1,3—1,9 м) являются завышенные значения вычисленных возрастов по сравнению с датированными. Причины такого отклонения остаются неясными, хотя этот интервал характеризуется как малый климатический оптимум, предшествующий малому ледниковому периоду, т. е. отличается довольно большим колебанием климатических условий, которые, вероятно, могли оказать определенное влияние на влагосодержание верхнего слоя залежи и, следовательно, вызвать некоторую неустойчивость темпов торфонакопления.

Для изучения общего направления прироста торфа, а также пространственно-временной динамики развития болотного массива не хватает данных об одной скважине. В зависимости от размеров массива и целей исследований различалось количество рассматриваемых скважин, в которых следовало определить возраст каждого слоя. В этом аспекте метод константного объемного веса торфа может служить довольно пригодным средством вычисления возраста слоев торфа.

Временная динамика прироста торфа

Линейный прирост верхового торфа болота Нигула варьирует от 0,6 до 2,2 мм в год, средняя величина за последние 3400 лет 1,6 мм в год, на болоте Леэни соответственно от 0,6 до 2,2 (в среднем за последние 2500 лет 1,4 мм) и на болоте Мянникъярве от 0,6 до 2,3 мм в год (в среднем за последние 3200 лет 1,4 мм). Таким образом, различия средних величин прироста между указанными болотами незначительны.

Динамику прироста на изученных болотах характеризуют определенные времена изменения данного параметра (рис. 2). Одновременно на всех трех массивах повышение прироста началось примерно 3200, 2300, 1600, 1000 и 200 л. н., а падение — 2850, 1350, 1100 и 750 л. н.

Выделяются периоды двойкой продолжительности прироста торфа (Илометс, 1981). Коротким периодам (примерно 150 лет) характерна их асинхронность для разных болот. Длинные периоды (примерно 600—800 лет) более или менее синхронны и имеют максимумы около 2800, 2300, 1400 и 800 л. н.

Иную картину по средним для массива кривым прироста показывает динамика прироста торфа в разных частях массива (по отдельным скважинам) (рис. 3). Во-первых, прирост в каждом конкретном месте варьирует больше и быстрее, нежели средний прирост всего массива. Во-вторых, прирост торфа в разных местах изменяется асинхронно: увеличение его в одном месте не обязательно означает повышение в другом месте, даже вблизи него. Нередки обратные ходы кривых прироста даже в соседних скважинах. Каждое сообщество характеризуется присущей ему величиной прироста (Илометс, 1981). Ход развития растительных сообществ в конкретном месте болотного массива вызван внутренними причинами — в основном гидрологическими, т. е. уровнем болотных вод. Внешние условия играют второстепенную роль. Поэтому и прирост торфа в определенной точке массива отражает особенности развития нанорельефа и не может характеризовать общий ход развития массива.

Пространственная динамика прироста торфа

Динамика прироста торфа в пределах болотного массива Нигула определяется через каждые 250 лет (рис. 4). Оказалось, что в разных частях болота за определенное время прирост торфа был неодинаков.

По В. В. Кудряшову (1929), на массиве можно выделить динамические и антиподные центры, которые время от времени смещаются. Такие смещения происходят обычно через каждые 500, но иногда и через 1000 с лишним лет. Обычно самые высокие приросты характерны не центральной части болота, а его периферийным частям, на некотором расстоянии от самого края. Развитие и расширение болотного массива вызывает разветвление динамических и антиподных центров, а динамические центры остаются постоянно в периферийных частях болота. Но на самом краю массива прирост обычно остается сравнительно низким.

Абсолютные величины прироста торфа в динамических и антиподных центрах во времени не постоянны. Анализ имеющихся данных свидетельствует, что временная динамика прироста торфа в динамических центрах разных массивов имеет синхронный характер, чего однако нельзя сказать о динамике его прироста в антиподных центрах. Следовательно, причины, вызывающие изменения максимальных величин прироста, должны объясняться внешними факторами среды. Весьма вероятно, что динамика минимальных приростов связана с особенностями развития болотной экосистемы — дегенеративными явлениями растительного покрова в определенных частях массива.

На болоте Нигула определились площади участков, имеющие разные относительные величины прироста (высокий, средний и низкий

прирост). Более постоянной оказалась площадь минимальных приростов, т. е. антиподных центров, величина площади динамических центров и участков со средними величинами прироста изменилась противоположным образом. Лишь за последние 500 лет площадь динамических центров увеличилась за счет сокращения площади антиподных центров. За то же время (500 л. н.) в составе сфагнового покрова верховых болот Эстонии широко распространился вид *Sphagnum rubellum* за счет убыли вида *S. fuscum*. Одновременно уменьшилась и доля пушицы (Илометс, 1981).

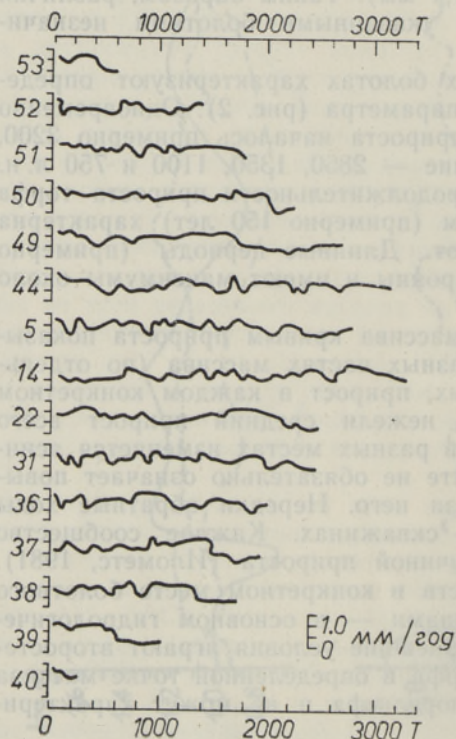


Рис. 3. Динамика линейного прироста верхового торфа по скважинам в меридиональном направлении болота Нигула. (5—53 — номера скважин, Т — время, л. н.).

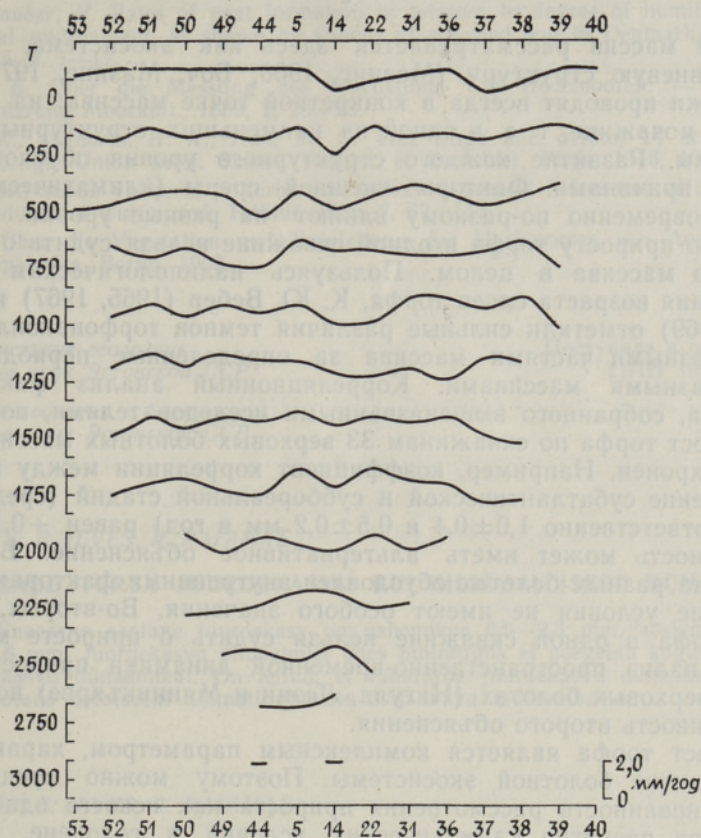


Рис. 4. Динамика прироста верхового торфа через каждые 250 лет в меридиональном направлении болота Нигула. (5—53 — номера скважин, Т — время, л. н.).

Горизонтальный прирост болотного массива

Расширение болотных сообществ за счет окружающих на разных болотах проходило разными темпами. На болоте Мяникъярве за последние 3000 лет скорость расширения составляла от 0,8 до 9,2 см в год (в среднем 3,3), на болоте Лезни 1,0—4,4 см в год (в среднем за последние 2300 лет 2,4) и на болоте Нигула в широтном направлении 1,8—3,2 см в год (в среднем за последние 3300 лет 2,4) и в меридиональном направлении 2,4—64,0 см в год (в среднем 17,6). В зависимости от особенностей рельефа впадина болота расширяется в разных направлениях с различной скоростью, неодинакова и динамика горизонтального прироста болота в разных направлениях.

По иному увеличивается очертание болота в длину. Как известно, поверхность верховых болот имеет выпуклую форму и, следовательно, очертание поверхности всегда больше длины по плану массива. В длину поверхность болота увеличивается быстрее расширения массива. В меридиональном направлении длина поверхности болота Нигула увеличивается от 0,8 до 7,2 м в год (в среднем 2,3), а в широтном от 18 до 35 см в год (в среднем 29). Существующее несоответствие между ходами кривых расширения болота и увеличения длины поверхности массива, вероятно, связано с особенностями вертикального роста болота.

Болотный массив рассматривается здесь как экосистема, имеющая многоуровневую структуру (Мазинг, 1960; Боч, Мазинг, 1979). Бурение залежи проводят всегда в конкретной точке массива: на кочке, на гряде, в мочажине, т. е. в одной из наименьших структурных единиц экосистемы. Развитие каждого структурного уровня обуславливается разными причинами. Факторы внешней среды (климатические условия) одновременно по-разному влияют на разные уровни. Следовательно, по приросту торфа в одной скважине нельзя судить о приросте болотного массива в целом. Пользуясь палинологическим методом определения возраста слоев торфа, К. Ю. Вебер (1965, 1967) и У. Валк (Valk, 1969) отметили сильные различия темпов торфонакопления как между разными частями массива за определенные периоды, так и между разными массивами. Корреляционный анализ фактического материала, собранного вышеназванными исследователями, показывает, что прирост торфа по скважинам 33 верховых болотных массивов Эстонии асинхронен. Например, коэффициент корреляции между приростами в течение субатлантической и суббореальной стадий (средние приросты соответственно $1,0 \pm 0,4$ и $0,5 \pm 0,2$ мм в год) равен $+0,14$. Такая асинхронность может иметь альтернативное объяснение. Во-первых, прирост на разных болотах обусловлен внутренними факторами и климатические условия не имеют особого значения. Во-вторых, по приросту торфа в одной скважине нельзя судить о приросте массива в целом. Анализ пространственно-временной динамики прироста торфа на трех верховых болотах (Нигула, Леэни и Мянникъярве) показывает справедливость второго объяснения.

Прирост торфа является комплексным параметром, характеризующим развитие болотной экосистемы. Поэтому можно предположить малообоснованность рассмотрения прироста как некоего однозначного индикатора развития климатических условий в голоцене. Верховая болотная экосистема, имеющая многоуровневую структуру, косвенно взаимосвязана с внешними условиями, в том числе и с климатическими. Выяснение последних требует комплексного многостороннего изучения динамики развития верховых болотных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

- Боч М. С., Мазинг В. В. Экосистемы болот СССР. Л., 1979.
- Вебер К. Ю. О геологии торфяных месторождений Северо-Восточной Эстонии. — Автореф. канд. дис., Таллин, 1965.
- Вебер К. Ю. Возраст болот и прирост торфа по данным спорово-пыльцевых диаграмм Северо-Восточной Эстонии. — В кн.: Природа болот и методы их исследования. Л., 1967, 103—107.
- Иванов К. Е. Гидрология болот. Л., 1953.
- Илометс М. О динамике фракционного состава торфогенного горизонта на верховом болоте Мянникъярве. — В кн.: Физические, изотопно-геохимические и геологические методы в изучении антропогена Эстонии. Таллин, 1979, 22—37.
- Илометс М. Об определении возраста слоев торфа на основе их объемного веса. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1980, 29, 121.
- Илометс М. А. Изучение динамики прироста сфагнома и сфагнового торфа в целях стратиграфического расчленения торфяных залежей. — Автореф. канд. дис. Таллин, 1981.
- Кудряшов В. В. Торфяник как растущее дело. Статья 1. Торфяная среда. — Вестник торф. дела, 1929, 1, 24—48.
- Мазинг В. В. Развитие географических комплексов верховых болот Эстонии. — Уч. зап. ЛатвГУ, геогр. н., IV, 1960, 37, 377—386.
- Пуннинг Я.-М., Раямяэ Р., Ёьерс К., Путник Х. Список радиоуглеродных датировок Института геологии АН ЭССР. VII. Таллин, 1983 (препринт).
- Сарв А. А., Ильвес Э. О. Стратиграфия и геохронология голоценовых озерных и болотных отложений юго-западной части Эстонии. — В кн.: Палинология в континентальных и морских геологических исследованиях. Рига, 1976, 47—59.

- Aaby, B., Tauber, H. Rates of peat formation in relation to degree of humification and local environment, as shown by studies of a raised bog in Denmark. — *Boreas*, 1975, 4, 1—17.
- Borggreve, B. Über die Messung des Wachstums von Hochmooren. — *Mitt. ver. Förderung Moorkult.*, 1889, 1, 20—23.
- Ralph, E. K., Michaels, H. N., Han, M. C. Tree rings and carbon 14 scale. — In: 9 Congr. Union Inter. Scienc. Prehist. et Protohist. Paris, 1976, 101—128.
- Valk, U. Eesti soode vanusest ja turba juurdekasvu kiirusest holotseeni vältel. — *Met-sanduslikud Uurimused*, Tallinn, 1969, 7, 80—117.
- Weber, C. Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoores von Augstumal im Memeldelta. Berlin, 1902.

Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
11/III 1984

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

M. ILOMETS, E. ILVES, R. RAJAMÄE

EESTI RABADE TURBA JUURDEKASVU RUUMILIS-AJALISEST DÜNAAMIKAST

Rabaturba lineaarne aastane juurdekasv on vahemikus 0,6—2,3 mm, keskmine juurdekasv 1,4—1,6 mm. Juurdekasvu dünaamika ühes puuraugus ei peegelda kogu raba keskmist juurdekasvu dünaamikat. On leitud, et rabaturba juurdekasvu dünaamikat ei saa otseselt kasutada holotseeni kliimatingimuste dünaamika indikaatorina.

M. ILOMETS, E. ILVES, R. RAJAMÄE

ABOUT THE SPATIAL-TEMPORAL DYNAMICS OF PEAT GROWTH IN ESTONIAN BOGS

The validity of the constant peat density method, used for the calculation of the age of peat layers was checked on the basis of 46 bog peat radiocarbon datings (Fig. 1). The method was found suitable and valid for the investigation of the spatial-temporal dynamics of peat growth enabling to determine the age of hundreds of separated peat layers in every bog.

It was stated that the annual mean linear growth of bog peat in Estonia varies within the limits of 0.6 to 2.3 mm/yr, with the mean value of about 1.4—1.6 mm/yr for the last 3000 years (Fig. 2). In temporal dynamics of mean peat growth one can define at least two periods — the short-term (about 150 years) and the long-term (about 600—800 years) one. The long-term periods were more or less synchronous in different bogs, with maxima about 2800, 2300, 1400 and 800 years ago. The temporal dynamics of peat growth at every certain boring site did not correspond to the mean growth dynamics of the bog and of the other sites studied (Fig. 3). This is related to the community-dependent values of peat growth.

On the basis of the spatial dynamics of bog peat growth, one can separate the dynamic and antipodal centers (after Кудряшов, 1929) (Fig. 4) that alter their position in the bog every 500 years. The rate of the expansion of a bog depends mainly on the peculiarities of the mire depression relief, and may vary between 1 and 64 cm/yr.

The peat growth dynamics was found unsuitable for the study of the variations of climatic conditions in the Holocene. The relationships between the bog ecosystem (possessing a multi-level structure) and external factors are of a complicated and indirect character.