

УДК 551.794:551:491

*Рээт ПУРРУС\**, *Тийт ХАНГ\**, *Арви ЛИЙВА\*\**

## О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ ДОЛИНЫ РЕКИ ВЯЙКЕ-ЭМАЙГИ И ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА ВЫРТСЪЯРВ

### Введение

В ряду позднеледниковых и голоценовых палеогеографических событий на территории Эстонии важное место занимает геологическое развитие оз. Выртсъярв и речных долин его бассейна. Уже с середины прошлого столетия многие исследователи, в том числе Л. Мюлен, К. Гревингк и др., проявляли к изучению истории развития озера большой интерес. Собранный к настоящему времени материал обобщен в работах Л. Орвику (1958), К. Орвику (Orviku, 1973), К. Каяка (1959), Р. Пиррус и А. Раукаса (1983; Põrgus, Raukas, 1984) и др. Но в целом наши знания о геологии впадины оз. Выртсъярв далеко не исчерпывающие, и требуются дальнейшие исследования озера, включая проблемы притока и стока.

Задачей нашего исследования было уточнение развития нижнего течения р. Вяйке-Эмайги и южной части оз. Выртсъярв, куда она впадает. Для этого использовали собранные нами материалы, а также результаты ранее выполненных исследований о геологическом строении впадины и о донных отложениях озера (Каяк, 1959; Льюкене, 1959; Palusalu, 1967; Раукас, Ряхни, 1969; Veber, 1973; Пиррус, Раукас, 1983; Hang, 1984; Põrgus, Raukas, 1984).

### Описание разреза и палинологическая характеристика

Западнее о-ва Пятассаар, где находится заросшая часть озера (рис. 1), нами был заложен поперечный профиль с 13 скважинами. Бурением околнута врезанная во флювиогляциальные отложения долина глубиной до 14 м. Под уровнем современного озера на глубинах 7—8 м (абс. высота 26—27 м) и около 4 м (абс. высота 30 м) установлены береговые уступы голоценового озера (рис. 2).

Заполняющие долину голоценовые озерные отложения представлены прибрежным терригенным материалом и более глубоководными глинистыми и известковистыми сапропелями. Мощность сапропеля достигает 12 м (рис. 2).

Относительно маломощные (0,3—0,5 м) прибрежные отложения на береговых уступах представляют собой разнозернистые пески, содержащие рассеянное органическое вещество, прослой сапропеля и известковистого сапропеля, а также растительный детрит и детрит створок субфоссильных моллюсков.

\* Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut (Институт геологии Академии наук Эстонии). Estonia pst. 7, EE-0105 Tallinn, Estonia.

\*\* Eesti Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituut (Институт зоологии и ботаники Академии наук Эстонии). Vanemuise 21, EE-2400 Tartu, Estonia.



Сапропель содержит больше карбоната кальция в нижних слоях, чем в вышележащих. Количество терригенного компонента повышается с середины сапропелевой залежи (рис. 3).

Озерные отложения покрыты низинным торфом мощностью приблизительно 2 м. Нижняя граница торфа переходная.

Для стратиграфического расчленения отложений, на основе которого можно делать палеогеографические выводы о развитии озера, использованы результаты палинологического анализа и  $^{14}\text{C}$ -датировки. Отложения скв. 4а изучены обоими методами. Ниже представлена палинологическая характеристика палинозон и обосновано стратиграфическое расчленение на палинозоны (рис. 4). Информация дополняется палинологическим изучением отложений из самой глубокой части впадины (скв. 5, рис. 5) и единичных образцов из нижних отложений (скв. 10 и 11, рис. 2).

Палинологическая характеристика отложений скв. 4а (рис. 4):

РВ — глубина 8,70—8,90 м, песок. Преобладает пыльца березы, сосны содержится 24%. Травянистые растения образуют 9% от общей суммы пыльцы и спор. Преобладает *Gramineae*. Присутствует пыльца *Cyperaceae*, *Cruciferae*, *Filipendula ulmaria* и водных растений (*Nuphar*, *Sparganium*). Найдены споры *Equisetum*.

ВО1 — глубина 8,50—8,70 м, песок. Нижняя граница определена на основе увеличения пыльцы сосны (31%) и небольшого количества пыльцы вяза (5%), лещины (5%) и ольхи (4%).

ВО2 — глубина 8,25—8,50 м, песок. Максимум пыльцы сосны. Количество пыльцы ольхи возрастает до 17—22%. Широколиственные представлены преимущественно пыльцой вяза в количестве 3—7%. С конца палинозоны начинается эмпирическая кривая пыльцы липы. Содержание пыльцы лещины 6—9%.

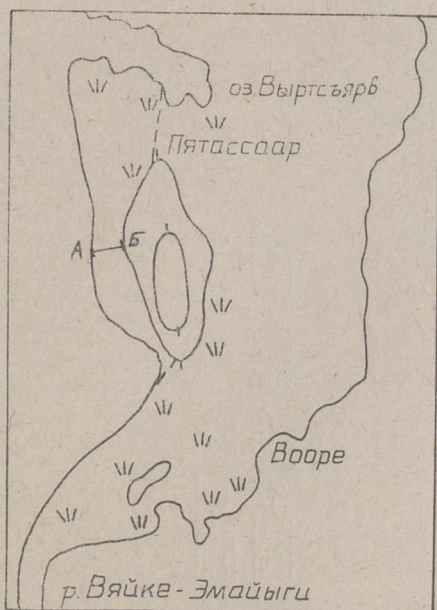


Рис. 1. Схема расположения разреза западнее о-ва Пятассаар.

Fig. 1. Location of the cross section west of Pätassaare Island.



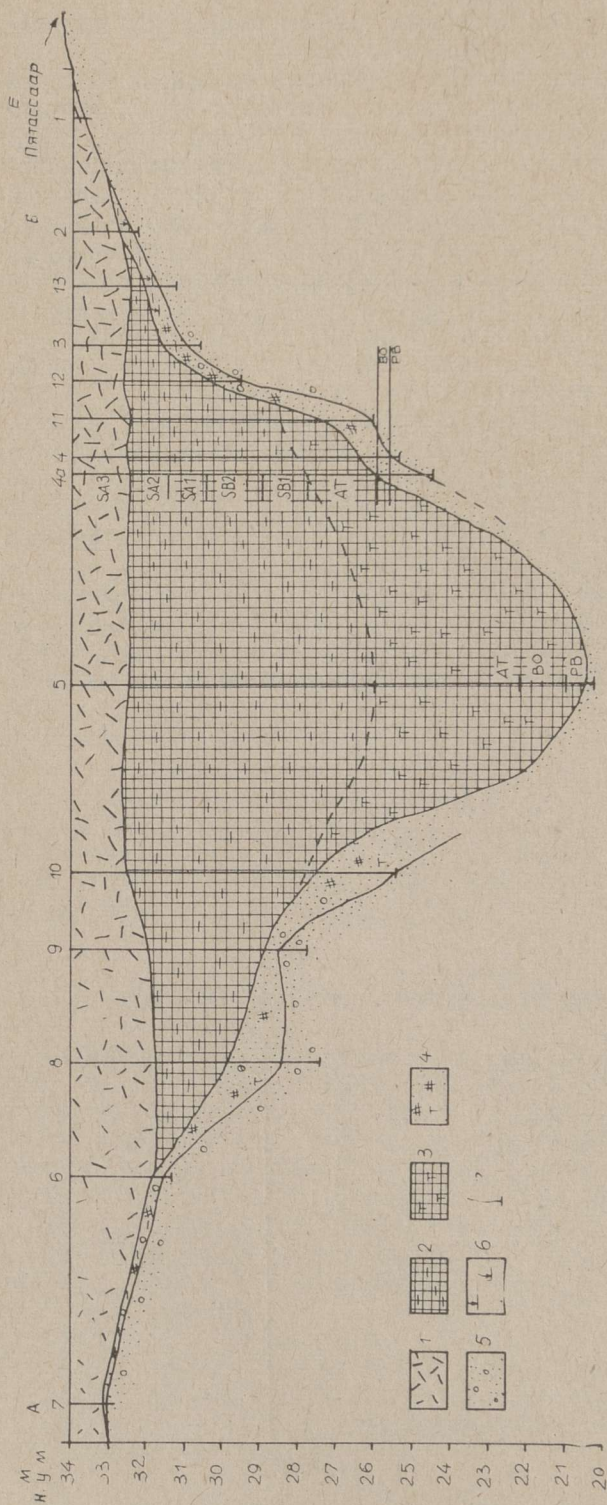


Рис. 2. Геологический разрез западнее о-ва Пятассаар. 1 — низинный торф, 2 — глинистый сапропель, 3 — известковистый сапропель, 4 — песок, содержащий органические вещества и известь, 5 — песок с зернами гравия, 6 — алевроит с растительными остатками, 7 — буровые скважины.

Fig. 2. Cross section west of Pätassaar Island. 1 — fen peat, 2 — clayey gyttja, 3 — calcareous gyttja, 4 — sand with organic remains and lime, 5 — sand containing gravel fraction, 6 — silt with organic remains, 7 — bore holes.



Состав пыльцы травянистых растений и спор в хронозонах ВО и РВ сходен. В обеих найдена пыльца *Myriophyllum verticillatum*.

АТ1 — глубина 7,75—8,25 м, известковистый сапропель. Граница ВО2/АТ1 определена на уровне увеличения количества пыльцы широколиственных, ольхи, лещины и уменьшения пыльцы сосны. Пыльца ольхи достигает максимума. Пыльца термофильных древесных пород составляет 13—24% (в среднем 17%) и лещины 12—18% (в среднем 14%). Начинаются рациональная кривая пыльцы липы и эмпирическая кривая пыльцы дуба и ели.

АТ2 — глубина 6,35—7,75 м, известковистый сапропель. В этой палинозоне содержание пыльцы широколиственных пород и лещины достигает кульминации (21—27%, в среднем 24%) и начинает снижаться (18—26%, в среднем 22%), особенно это касается вяза. По этим двум отличительным особенностям палинозону АТ2 можно подразделить на две подзоны. Здесь же берет начало рациональная кривая пыльцы ели.

В конце АТ-хронозоны прослеживается постоянное присутствие пыльцы ясеня (0,4—2%) и замечены отдельные зерна пыльцы клена.

Травянистые растения в АТ-хронозоне представлены в количестве 3—7% (в среднем 5%). Количество пыльцы *Gramineae* составляет 2—5%. Не всегда присутствует пыльца *Cyperaceae*, *Ericales*, водных растений (*Sparganium*, *Nuphar*, *Nymphaeae*), *Rosaceae*, *Cruciferae*, *Menyanthes trifoliata*, *Umbelliferae*, *Galium* sp., *Ranunculaceae*, *Polypogonaceae*, *Compositae*, *Typha latifolia*. Среди спор, кроме *Bryales*, в небольшом количестве постоянно наличествует *Polypodiaceae*, в частности *Thelypteris palustris*. Часто попадают споры *Equisetum*. Отмечены единичные споры *Lycopodium annotinum* и *Huperzia selago*.

SB1 — глубина 5,05—6,35 м, глинистый сапропель. Нижняя граница определена по заметному падению общей суммы пыльцы широколиственных (особенно вяза и липы) и лещины. Содержание пыльцы широколиственных снижается до 11—21% (в среднем 14%), а количество пыльцы ели несколько повышается. Обнаружены единичные зерна клена и граба.

SB2 — глубина 3,55—5,05 м, глинистый сапропель. Нижняя граница определена по резкому подъему содержания пыльцы ели, в основном до 36—40%. В пределах палинозоны можно выделить три подзоны: а) *Picea*; б) *Alnus*, *Betula*, *Picea*; в) *Picea*. Такая же картина установлена и в некоторых разрезах Саадьярвского друмлинного поля, в том числе в типовом разрезе Райгаствере (Pigfus и др., 1987). Уменьшение пыльцы ели можно предположительно связать с хозяйственной деятельностью человека. В подзоне б) заметно и некоторое повышение количества пыльцы травянистых растений — до 8%. Присутствуют *Ericales*, *Filipendula ulmaria*, *Mentha*, *Rosaceae*, *Umbelliferae*, *Cruciferae*, *Papilionaceae*, *Compositae*, *Artemisia*.

SA1 — глубина 2,55—3,55 м, глинистый сапропель. Нижняя граница определена по падению количества пыльцы ели и заметному повышению пыльцы березы и ольхи. Количество пыльцы ели составляет 13—22%, ольхи 18—23% и березы 23—38%. Содержание широколиственных колеблется от 2 до 7%. Часто встречается пыльца граба, единично — пыльца бука и ясеня.

Пыльца травянистых растений составляет 3—8% от общей суммы пыльцы и спор. Кривая пыльцы злаков в середине палинозоны несколько повышается. Присутствуют, но не всегда, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Rosaceae*, *Filipendula ulmaria*, *Cruciferae*, *Ericales*, *Compositae*, *Mentha* sp., единичны *Rumex*. Почти всюду обнаружены водные растения *Myriophyllum verticillatum*, *Sparganium* тип, *Nuphar*, *Nymphaeae*, *Hippuris vulgaris*.





Рис. 3. Результаты химического анализа отложений скв. 4а.  
Fig. 3. Chemical content of sediments of reference site 4a.

Среди небольшого количества спор чаще встречается *Bryales* и *Poly-podiaceae*, единично — *Sphagnum*, *Equisetum* и *Lycopodium clavatum*.

SA2 — глубина 1,55—2,55 м, глинистый детритовый сапропель. Граница SA1/SA2 отмечена новым увеличением количества пыльцы ели — до 31% (в среднем 23%). Содержание пыльцы березы остается по-прежнему высоким, в основном больше 30%. Количество пыльцы ольхи составляет 12—24% и широколиственных 1—5%. Часто, но в ничтожном количестве, встречается пыльца граба. Отмечены единичные зерна пыльцы бука.

Содержание пыльцы травянистых, в том числе и водных растений, составляет 3—7%. Повышается содержание пыльцы злаков, встречается пыльца разнотравья (*Filipendula ulmaria*, *Ranunculaceae*, *Cruciferae*, *Umbelliferae*, *Compositae*), а также пыльца *Chenopodiaceae*, в том числе *Chenopodium album*, *Artemisia* и *Ericales*. Часто присутствует пыльца *Typha latifolia* и *T. angustifolia*, *Myriophyllum*, *Hippuris vulgaris*, *Sparganium* тип, *Nuphar*, а также споры *Equisetum*.

SA3 — глубина 0—1,55 м, сапропелистый тростниковый и осоковый торф. Нижняя граница характеризуется падением количества пыльцы ели и ольхи: В нижней части палинозоны пыльца сосны и березы представлена в близких количествах, в верхней же части господствует пыльца сосны (46—51%). Граб встречается часто, но в буквально единичных горизонтах.

Содержание травянистых растений заметно повышается (4—14%), а участие водных растений уменьшается. Постоянно присутствует пыльца культурных злаков. Кривая злаков и осоки поднимается. Пыльца *Artemisia* — явление заурядное. Имеются *Chenopodium album*, *Plantago*. Состав пыльцы разнотравья отличается разнообразием.

Доля спор увеличивается. Так, количество *Equisetum* достигает 98%.









## Радиоуглеродное датирование

Радиоуглеродные датировки отложений разреза Пятассаар выполнены А. Лийва в лаборатории биогеохимии Института зоологии и ботаники АН Эстонии. Датированию подвергнуто 9 образцов низинного торфа, глинистого и известковистого сапропеля:

1. Торф ТА-1843 515±60	0,40—0,50 м Верхняя часть SA3
2. Сапроелистый тростниковый торф ТА-1844 830±80	1,40—1,50 м Непосредственно над границей SA2/SA3
3. Глинистый сапропель ТА-1845 2160±70	2,40—2,50 м Непосредственно над границей SA1/SA2
4. Глинистый сапропель ТА-1846 3280±60	3,90—4,00 м Начало второго подъема нижнего максимума ели в SB2
5. Глинистый сапропель ТА-1847 3750±70	4,90—5,00 м Граница SB1/SB2. Начало нижнего максимума ели
6. Известковистый сапропель ТА-1848 4880±60	5,90—6,00 м Нижняя часть SB1
7. Известковистый сапропель ТА-1849 5280±80	6,90—7,00 м Выше максимума широколиствен- ных в AT2
8. Известковистый сапропель ТА-1850 5850±60	7,40—7,50 м Нижняя часть AT2
9. Известковистый сапропель ТА-1851 7580±80	8,10—8,25 м Непосредственно над границей BO2/AT1

Учитывая возрастные границы местной стратиграфической схемы (Каяк и др., 1976), можно видеть, что полученные  $^{14}\text{C}$ -датировки в общем хорошо коррелируются с биостратиграфическими границами палинозон.

Таким образом, на основе палинологического анализа и  $^{14}\text{C}$ -датировок выясняется, что в самой глубокой части узкой впадины озера западнее о-ва Пятассаар известковистые сапропели мощностью около 3 м принадлежат к РВ- и ВО-хронозонам (скв. 5, рис. 2, 5). В прибрежной части озера эти отложения коррелируются с песками того же возраста (скв. 4а, рис. 4). Они покрыты известковистым сапропелем AT-хронозоны мощностью около 2 м (рис. 2), глинистым сапропелем возраста SB-хронозоны, SA1-, SA2-палинозон и торфом SA3-палинозоны. По генезису эти отложения являются озерными.

## Развитие озера

Учитывая геологическое строение и морфологию впадины, в позднеплейстоценовом развитии оз. Вуртсъярв можно выделить два этапа. Первый — т. н. Ледниковый Вуртсъярв, который по древним долинам был связан с местными ледниковыми озерами на юге, западе и востоке (Раукас и др., 1971). Эта связь прервалась, видимо, в аллерёде, и в развитии водоема начался второй, самостоятельный этап развития — т. н.







Древний Вуртсъярв (Orviku, 1973). Получить достоверные данные об уровнях воды этих двух водоемов очень трудно. Информации не прибавило и изучение разреза Пятассаар. Залегающие в долине р. Вяйке-Эмайыги на коренных породах флювиогляциальные пески и гравий указывают на флювиальные условия вслед за отступанием ледника. Поскольку максимальная высота залегающих на флювиогляциальных отложениях ленточных глин и массивных суглинков составляет примерно 45 м н. у. м., то получается, что уровень воды Ледникового Вуртсъярва был не менее 60 м н. у. м. (Hang, 1984).

В конце стадии, по мере отступления ледника, уровень воды стал падать, о чем свидетельствует терраса в южной части озера на высоте 37—29 м н. у. м. (Каяк, 1959). В долине р. Вяйке-Эмайыги прослеживаются террасы того же времени еще на высоте 47, 42 и 40 м н. у. м. (Palusalu, 1967).

Многие исследователи предполагают, что в конце плейстоцена и в начале голоцена уровень воды в больших водоемах, в том числе и в Древнем Вуртсъярве, и Псковско-Чудском озере, был значительно ниже современного. Вполне вероятно, что северная часть Древнего Вуртсъярва в то время находилась гипсометрически на более низком уровне и затоплению подверглась примерно такая же территория, как и во время стадии Большого Вуртсъярва (в начале голоцена), о чем свидетельствует распространение озерных отложений верхнего дриаса в северной части впадины (Pirrus, Raukas, 1984).

В то же время можно предполагать, что уровень воды в южной части впадины был ниже современного. К такому выводу подводит и изучение профиля западнее о-ва Пятассаар, эродированная там в минеральные отложения глубокая долина (до 14 м) и отсутствие в ней отложений древнее РВ-возраста. Вполне возможно, что разнозернистые пески на дне долины указывают на флювиальные условия. Но по-прежнему остается открытым вопрос об уровне воды озера в то время. Приблизительно этому уровню воды может соответствовать эрозионный уступ на склоне долины на высоте 25—26 м н. у. м., т. е. около 8 м ниже современного. Это несколько ниже предлагаемого К. Каяком (27—28 м н. у. м.). Вместе с тем приведенные данные подтверждают мнение К. Каяка о расположении устья р. Вяйке-Эмайыги во время Древнего Вуртсъярва на 12—17 км севернее и о том, что южная часть озера тогда была сухой.

Присутствие отложений РВ-возраста как на дне долины, так и на расположенной примерно на высоте 26 м н. у. м. террасе указывает на то, что уровень воды в то время был несколько выше (27 м н. у. м., т. е. примерно на 7 м ниже современного). В среднем голоцене уровень воды был на 3—4 м ниже современного. На постоянное повышение уровня воды в южной части озера указывает и образование покрывающего сапрпель торфа (мощностью до 2 м). Если считать, что накопление торфа началось около 800 лет тому назад, то получается, что интенсивность поднятия воды в южной части озера за это время была около 2,5 мм/год, т. е. значительно больше, чем в устьевой части Суур-Эмайыги (около 0,6 мм/год) (Мийдел, 1981). О наводнениях во время образования торфа свидетельствует постоянное присутствие в нем водорослей *Pediastrum*. На повышение базиса эрозии указывают также сильное меандрирование рек и заболачивание устьевых частей речных долин, впадающих в южную часть озера.

В настоящее время западнее о-ва Пятассаар находится пятнистое и периодически затопляемое тростниково-осоковое низинное болото. Восточнее о-ва Пятассаар, в связи с эвтрофикацией озера и заполнением впадины отложениями, дно озера целиком покрыто макрофитами и появляются признаки зарастания. Разрез Пятассаар хорошо сопостав-



ляется с разрезом Хаани (Пиррус, Раукас, 1983; Pirrus, Raukas, 1984), расположенном примерно на 10 км севернее, в более широкой части озера. Известковистым сапропелям разреза Пятассаар там соответствует мощная толща (5,5 м) озерной извести РВ-, ВО- и АТ-хронозон. Затем следует сапропелевая озерная известь SB1-возраста, а сапропель палинозон SB2, SA1, SA2 и SA3 залегает непосредственно на песках. Это наводит на мысль, что еще в конце среднего голоцена уровень воды был не менее чем на 3 м ниже современного. Значительная мощность сапропеля в разрезе Пятассаар (12 м), а также интенсивное накопление озерной извести и сапропеля около разреза Хаани указывают на постепенное повышение уровня воды в южной части озера в течение всего голоцена на общем фоне уменьшения зеркала озера в северной части в среднем голоцене из-за более значительного неотектонического поднятия на севере впадины и образования новых порогов стока. Контур южной части озера в течение голоцена существенно не менялся, так как медленное поднятие озера компенсировалось образованием торфа на более низких участках в окрестностях озера. В настоящее время интенсивное накопление сапропеля продолжается.

Изучение разреза Пятассаар позволило выяснить уровень воды в начале голоцена (РВ, ВО), так как палинологически установлено залегание на террасе одновозрастных глубоководных и прибрежных отложений. Таким образом, уровень воды в оз. Вуртсъярв того времени можно зафиксировать на отметке 8 м ниже современного.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Каяк К. 1959. Геология долины реки Вяйке-Эмайги. — Уч. зап. Тартуск. ун-та, вып. 75. Тарту, 155—184.
- Каяк К., Кессел Х., Лийвранд Э., Пиррус Р., Раукас А., Сарв А. 1976. Местная стратиграфическая схема четвертичных отложений Эстонии. — В кн.: Стратиграфия четвертичных отложений Прибалтики. Пяргалле, Вильнюс, 4—52.
- Льокене Э. 1959. Геоморфология северной части Сакалаской возвышенности. — Уч. зап. Тартуск. ун-та, вып. 75. Тарту, 119—154.
- Мийдел А. 1981. О проблемах изучения неотектонических движений в Псковско-Чудской впадине. — В кн.: Донные отложения Псковско-Чудского озера. Изд-во АН ЭССР, Таллинн, 116—125.
- Орвику Л. Ф. 1958. Новые данные о геологии озера Вуртсъярв. — Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 3, 269—293.
- Пиррус Р. О., Раукас А. В. 1983. Донные отложения и геологическое развитие озера Вуртсъярв. — В кн.: Тезисы докладов VI Всесоюзного совещания, 1. История озер в СССР. Изд-во АН ЭССР, Таллинн, 152—153.
- Раукас А., Ряхни Э. 1969. О геологическом развитии впадины и бассейнов Чудского и Псковского озер. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 18, 2, 113—127.
- Раукас А., Ряхни Э., Мийдел А. 1971. Краевые ледниковые образования Северной Эстонии. Валгус, Таллинн.
- Hang, T. 1984. Võrtsjärve valgla jõeorgude kujunemisest ja nende seosest veetasemetega. — В кн.: Võrtsjärve ökosüsteemi seisund. Eesti NSV TA, Tartu, 25—29.
- Orviku, K. 1973. Võrtsjärve geoloogilisest arengust. — В кн.: Võrtsjärve. Valgus, Tallinn, 23—32.
- Palusalu, H. 1967. Väike Emajõe alamjooksu orgu geomorfoloogias. Diplomitöö. Käsikiri TÜ Geograafia Instituudis. Tartu.
- Pirrus, R., Raukas, A. 1984. Uusi andmeid Võrtsjärve geoloogias. — В кн.: Võrtsjärve ökosüsteemi seisund. Eesti NSV TA, Tartu, 15—20.



- Pirrus, R., Rõuk, M., Liiva, A. 1987. Geology and stratigraphy of the reference site of Lake Raigastvere and its surroundings. — В кн.: Palaeohydrology of the Temperate Zone, 11. Lakes. Valgus, Tallinn, 101—122.
- Veber, K. 1973. Põhjasetete geoloogiast ja levikust. — В кн.: Võrtsjärv. Valgus, Tallinn, 33—36.

Представил А. Паукас

Поступила в редакцию  
15/IV 1992

Reet PIRRUS, Tiit HANG, Arvi LIIVA

### VÄIKESE EMAJÖE ORU JA VÕRTSJÄRVE LÕUNAOSA GEOLOOGILISEST ARENGUST

Uuriti Võrtsjärve lõunaosa järvenõo geoloogilist ja geomorfoloogilist ehitust Pätassaarest läänes tehtud 13 puuraugu põhjal. Palünoloogilise ja  $^{14}\text{C}$ -meetodiga uuritud samal profiilil asuvate süvaveelise ja kaldafaatsiese setete stratigraafilise korrelatsiooni alusel tehti kindlaks Võrtsjärve lõunaosa veetaseme muutused holotseenis.

Holotseeni alguses (PB, BO) oli veetase u. 8 m madalam nüüdisaegsest (u. 26 m üle merepinna). Keskholotseeni lõpul oli see ikka veel 3—4 m madalam nüüdisaegsest (30 m ü.m.p.). Edasisele veetaseme tõusule (ca 2,5 mm/a) viitab järvesetteid kattev 2 m paksune madalsooturba kiht, mis on moodustunud viimase 800 aasta jooksul.

Suur sapropeeli paksus (Pätassaare — 12 m, Haani — 10 m), järve lõunaossa suubuvate jõgede suudmealade intensiivne soostumine ja meandreerumine osutavad järve veetaseme kui jõgede erosioonibaasi pidevale tõusule kogu holotseeni vältel.

Reet PIRRUS, Tiit HANG, and Arvi LIIVA

### ON THE GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE VÄIKE-EMAJÖGI VALLEY AND THE SOUTHERN PART OF LAKE VÕRTSJÄRV

The geological and geomorphological structure of the southern part of Lake Võrtsjärv west of Pätassaare was studied using 13 boreholes. Holocene water-level changes were reconstructed on the basis of stratigraphic correlation of profundal and littoral sediments studied in the same profile by palynological and radiocarbon methods.

At the beginning of Holocene (PB, BO) the water level was about 8 m lower than at present (ca. 26 m a.s.l.). At the end of Middle Holocene it was still 3—4 m lower than today (ca. 30 m a.s.l.). The 2-m-thick peat layer above lacustrine sediments, which accumulated over a period of 800 years, is indicative of further water-level rise. At that time the water level in the lake was rising at a rate of 2.5 mm/y.

The great thickness of gyttja in the southern part of the lake, intensive overgrowing and meandering of the lower reaches of rivers indicate a continuous rise of the base level throughout the whole Holocene.