

О. В. Кочубей, В. Е. Марков, О. Ф. Дзюба, Е. М. Нестеров

РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИРОДНЫХ ОБСТАНОВОК ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕ- И ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ

Введение

Трансформация экосистем нашей планеты, обусловленная также интенсивным изменением климата в последнее время, вызывает всевозрастающую тревогу у специалистов, в первую очередь из-за своей непредсказуемости. Наиболее остро изменчивость природных процессов проявляется в контактных зонах, в частности, в пределах островных геосистем. Именно такие локальные участки суши в рамках крупных акваторий играют роль буфера между тремя экосистемами: водной, воздушной, наземной, и характеризуются наиболее активными процессами их взаимодействия¹. Вот почему в качестве объекта данного исследования был выбран Валаамский архипелаг.

Для Валаамского архипелага, расположенного в северной части крупнейшей пресноводной акватории Европы — Ладожского озера, до настоящего времени не проводилось детальных реконструкций эволюции окружающей среды на основе комплексного изучения отложений голоцена. В ранее опубликованных работах заметная роль в восстановлении исторического прошлого архипелага отводилась результатам традиционных палинологических исследований [1–3], а геохимический метод применялся лишь с целью оценки антропогенного воздействия на экосистемы архипелага [4–8].

В основу данной работы положены результаты наших собственных комплексных исследований послеледниковых осадков внутренних водоемов и заболоченных территорий о-ва Валаам. В результате кропотливой работы удалось построить спорово-пыльцевую и геохимические диаграммы, анализ которых позволил восстановить природную обстановку исследуемых ландшафтов в средне- и позднеголоценовое время.

Материал и методика исследования

Для проведения комплексного палинологического и геохимического исследования на территории о-ва Валаам, в 100 м северо-восточнее оз. Лещево, была пробурена скважина «Болото 2» глубиной 2,87 м (рис. 1). Отбор образцов производился при помощи бура Гиллера.

Для каждого вида анализов было одновременно отобрано по пятьдесят одному образцу. Из верхних слоев слаборазложившегося торфа и нижележащих песчано-глинистых отложений, общей мощностью 0,52 м последовательно отобрано 26 образцов (каждый образец равен слою породы в ложке бура в 2 см². На глубине 2–0,52 м отобрано

¹ Здесь фиксируются максимальные градиенты физико-химических свойств и энергии объектов исследования.

² По высоте ложки бура.

© О. В. Кочубей, В. Е. Марков, О. Ф. Дзюба, Е. М. Нестеров, 2012



Рис. 1. Карта-схема о-ва Валаам с указанием места отбора образцов для комплексного исследования

луоресцентного анализа М049-П/04. Образцы анализировались с помощью прибора «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV», который представляет собой рентгеновский сканирующий кристалл-дифракционный портативный вакуумный спектрометр. Прибор предназначен для качественного и количественного рентгенофлуоресцентного анализа в соответствии с методиками измерений, аттестованными в установленном порядке — в диапазоне от Na до U. В качестве основной была взята методика измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв посредством рентгенофлуоресцентного анализа. Эта методика позволяет измерять такие элементы, как Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb, Rb, Y, Ba, La, V а также оксиды: TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , P_2O_5 , SiO_2 .

Интерпретация полученных результатов геохимических исследований проводилась в два этапа. Первый этап включал предварительную оценку характера распределения валовых содержаний микро- и макроэлементов в отложениях. На втором этапе для восстановления палеоэкологических обстановок мы использовали петрохимические модули, правомочность использования которых для изучения осадочных пород подтверждена многими исследователями [9, 10]. При выполнении работы нами учитывались следующие коэффициенты: показатели климата и зрелости пород, глубокководности седиментогенеза, интенсивности выветривания.

Образцы, отобранные для спорово-пыльцевого анализа (СПА), предварительно обрабатывались по модифицированной методике Поста для пробоподготовки торфов и сапропелей [11] с применением пирофосфата натрия и плавиковой кислоты.

При изучении пыльцы и спор использовался не только традиционный СПА [12, 13], но и метод палиноиндикации качества окружающей среды (ПИКОС) [15]. То есть в процессе изучения палинологического материала особое внимание нами уделялось наличию/отсутствию тератоморфных (патологически развитых) пыльцевых зерен.

13 образцов из песчано-глинистых и сапропелеподобных отложений с интервалом 0,08 м. В нижней части колонки (2,87–2 м), также представленной глинистыми отложениями, интервал отбора составлял 0,05 м.

Работы по пробоподготовке и исследованию образцов проводились в Лаборатории геохимии окружающей среды факультета географии РГПУ и в Лаборатории палинологических исследований ВНИГРИ.

При обработке образцов для проведения геохимического анализа использовалась методика измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв и донных отложений методом рентгенофлуоресцентного анализа.

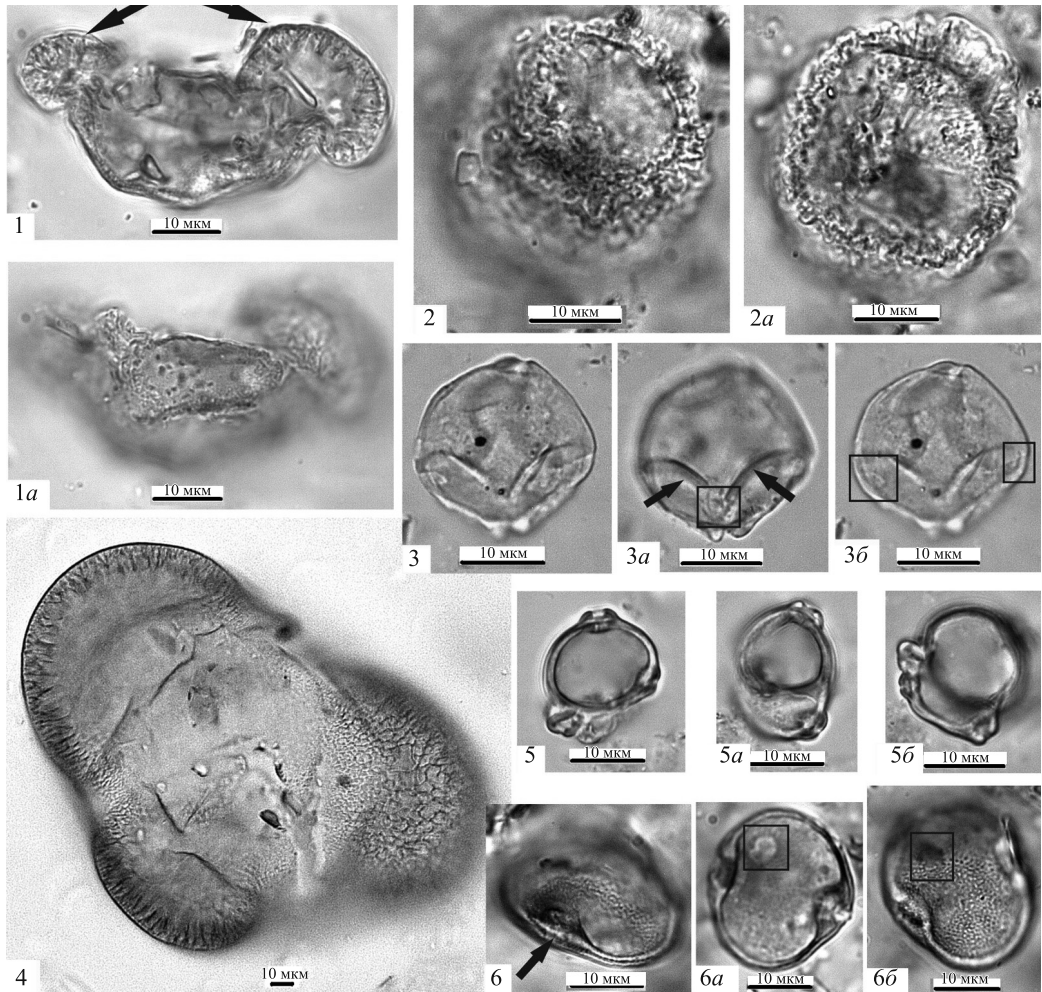


Рис. 2. Тератоморфные пыльцевые зерна, выделенные из озерно-болотных отложений о-ва Валаам, вскрытых скважиной «Болото 2»:

1-1а — пыльцевое зерно (п. з.) *Pinus* sp., снятое на разных глубинах резкости светового микроскопа (СМ). Диссимметрия пыльцевого зерна, оба мешка в разной степени редуцированы. Нанизм. (Обр. ВМ-5, гл. 8-10 см). 2-2а — перисаккатное п. з. *Pinus* sp., снятое на разных глубинах резкости СМ (Обр. ВМ-5, гл. 8-10 см). 3-3б — пятизрадноапертурное, диссимметричное п. з. *Alnus* sp. с однослойной экзиной; разные глубины резкости СМ: 3а — рамкой выделена апертура, от которой тянутся две арки к соседним апертурам; 3б — рамками выделены недоразвитые апертуры (Обр. ВМ-44, гл. 2,34-2,36 м); 4 — нетипичное трехразномешковое п. з. *Betula* sp. Гигантизм. (Обр. ВМ-15, гл. 28-30 см). 5-5б — нераспавшаяся вследствие нарушения одной из стадий мейотического деления, диада *Betula* sp. Тератоморфное п. з. снятое в разных положениях (Обр. ВМ-18, гл. 34-36 см). 6-6б — двухапертурное п. з. *Tilia* sp. в разных положениях: 6 — вид п. з. с экватора. Стрелкой указана нетипичная апертура. 6а-6б — то же самое п. з. в полярном положении, снятое на разных глубинах резкости СМ. Рамками выделено механическое/бактериологическое повреждение п. з. (Обр. ВМ-25, гл. 48-50 см).

Исследование и микрофотографирование пыльцевых зерен и спор производилось с помощью светового микроскопа (СМ) марки «Leica DMLS» с применением системы анализа изображений «ВидеоТест». При интерпретации палинологической диаграммы использовался метод палиноиндикации качества окружающей среды [14–16], т. е. при изучении палинологического материала особый акцент был сделан на наличии / отсутствии тератоморфных (патологически развитых) пыльцевых зерен и спор (рис. 2). Это позволило определить взаимосвязь между наличием и концентрацией тератоморфных зерен в разновозрастных отложениях и сменой физико-географических условий среды, что, в свою очередь, позволило более детально проследить смену палеоклиматических обстановок в голоцене.

Результаты исследования и их обсуждение

На полученной спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 3) удалось выделить шесть палинозон (с раннего суббореала до поздней субатлантики). Каждая из палинозон отражает существенные преобразования в растительном покрове, вызванные изменениями физико-географической среды, и в первую очередь, колебаниями климатического режима.

Нижняя по разрезу **палинозона VI** соответствует раннесуббореальному времени (SB1), она выделена на глубине 2,87–2,34 м и в целом характеризуется преобладанием пыльцы древесно-кустарниковой группы растений (до 95%), внутри которой доминирует пыльца сосны (до 60%). Далее следуют пыльца лещины и ольхи со средним содержанием около 22 и 20% соответственно. Участие пыльцы березы здесь не превышает 18, а ели — 8%. Пыльцевые зерна широколиственных пород (липа, вяз, дуб) встречаются спорадически: их суммарное участие в спектрах едва достигает 1,5%. Кустарниковые растения представлены в основном пыльцевыми зернами *Caprifoliaceae* gen. indet (4% от общего состава) и *Salix* sp. (менее 1%).

В травяно-кустарничковой группе растений преобладают пыльцевые зерна представителей семейства осоковых — *Cyperaceae* gen. indet. и полыни — *Artemisia* sp. При этом участие пыльцы полыней в спектрах данного времени достигает своих максимальных значений для всего разреза (около 7%). Значительно участие пыльцы *Poaceae* gen. indet., *Chenopodiaceae* gen. indet. Среди споровых растений преобладают *Sphagnum* sp. и *Botrychium* sp., эпизодически встречаются споры *Polypodiaceae* sp. и *Lycopodium* sp.

Количество тератоморфных пыльцевых зерен в данной палинозоне имеет тенденцию к увеличению от 0% в средней части палинозоны до 6% в ее верхней части (ближе к границе ранний / средний суббореал).

Литолого-геохимическая структура отложений этого времени характеризуется наличием двух зон, соответствующих специфическим условиям осадконакопления. Первая из них (2,87–2,64 м) характеризуется низкими значениями содержаний подавляющего большинства изученных элементов, за исключением Si и La, поведение которых во многом обусловлено вещественным составом осадка. Для отложений второй зоны (2,64–2,34 м) отмечается повышение глинистости и, как следствие, ее сорбирующего потенциала, что отразилось в заметном увеличении концентраций большинства изученных элементов, особенно Ni, Mg и Cr (рис. 4).

Палинозона V установлена на глубине 2,34–1,80 м и соответствует существующим представлениям о среднем суббореале (SB2). Здесь по-прежнему преобладают растения

древесно-кустарниковой группы, в которой продолжает доминировать пыльца сосны (9–55%). На этом фоне уже в самом начале среднесуббореального времени становится заметнее участие пыльцы березы в спектрах (в среднем около 25%). Содержание пыльцы ели, лещины и ольхи незначительно сокращается, достигая в среднем 6, 19 и 20% соответственно. Присутствие пыльцы широколиственных пород остается стабильно низким (1–2%), это преимущественно пыльцевые зерна вяза (1–2%) и дуба ($\leq 1\%$).

Участие пыльцы ив не превышает 1%.

Травянистые и кустарничковые растения представлены преимущественно пыльцевыми зернами мезофильного разнотравья: *Cyperaceae* gen. indet., *Artemisia* sp., *Chenopodiaceae* gen. indet. (в среднем от 7 до 9%), кроме того, зарегистрированы единичные зерна представителей *Polygonaceae* gen. indet., *Plantago* sp. и *Fabaceae* gen. indet.

Среди споровых растений преобладают сфагновые мхи — до 5% и папоротникообразные — 2%. Иногда встречаются споры *Lycopodium* sp. и *Botrychium* sp. Максимальное количество тератоморфных пыльцевых зерен (6%) зарегистрировано на границе среднего и позднего суббореала.

В среднем суббореале тенденцию к аккумуляции сохраняет большинство макро- и микроэлементов, для большинства из которых отмечены абсолютные максимумы содержаний. Ниже средних значений для разреза остаются концентрации P, Sr, Ca, Ba и Zr.

Палинозона IV — поздний суббореал (SB3) — установлена на глубине 1,80–0,90 м. Здесь по-прежнему наиболее широко представлена пыльца древесно-кустарниковой группы растений, где пыльца сосны все еще доминанта (до 41%). Участие пыльцы березы в палиноспектрах сокращается до 12%, а вот участие пыльцы ели в спектрах данной палинозоны становится значительно заметнее — до 20%. Продолжается начавшееся в среднем суббореале падение кривых пыльцы ольхи и лещины (до 6 и 11%). Своего минимального для разреза уровня достигает содержание пыльцы широколиственных пород ($\geq 0,5\%$). Стабильно низким остается содержание пыльцы *Salix* sp. (около 1%).

Среди трав доминирует пыльца представителей *Cyperaceae* gen. indet., *Artemisia* sp. и *Chenopodiaceae* gen. indet. В палиноспектрах значительно увеличилась роль злаков (до 5%), относительно часто встречаются пыльцевые зерна представителей *Caryophyllaceae* gen. indet.

Среди споровых растений преобладают сфагновые мхи — 4% и папоротникообразные — до 1%.

Максимальное содержание тератоморфных пыльцевых зерен (4%) выявлено в средней части данной палинозоны. Ближе к границам SB3/SB2, а также SB2/SB1 концентрация палиноморф в спектрах сокращается до 0%.

Для этого времени очень характерно более сложное распределение элементов по разрезу, в котором отчетливо выделяются две зоны. Каждая из них отражает изменение природных условий, но не отражается ни в литологической структуре осадка, ни в изменении спорово-пыльцевых спектров. Первая зона (1,80–1,40 м) по своим литолого-геохимическим свойствам во многом соответствует фаціальным условиям среднесуббореального времени. Переход к вышележащей зоне (1,40–0,90) фиксируется по резким колебаниям кривых, отражающих содержание практически всех изучаемых элементов, для большинства из которых характерно снижение значений по линии тренда. Абсолютные минимумы отмечаются для Fe, Ni, Cu, Zn и Ca. Высокая вариативность значений с положительным трендом к росту отмечена для малоподвижных Si и Zr.

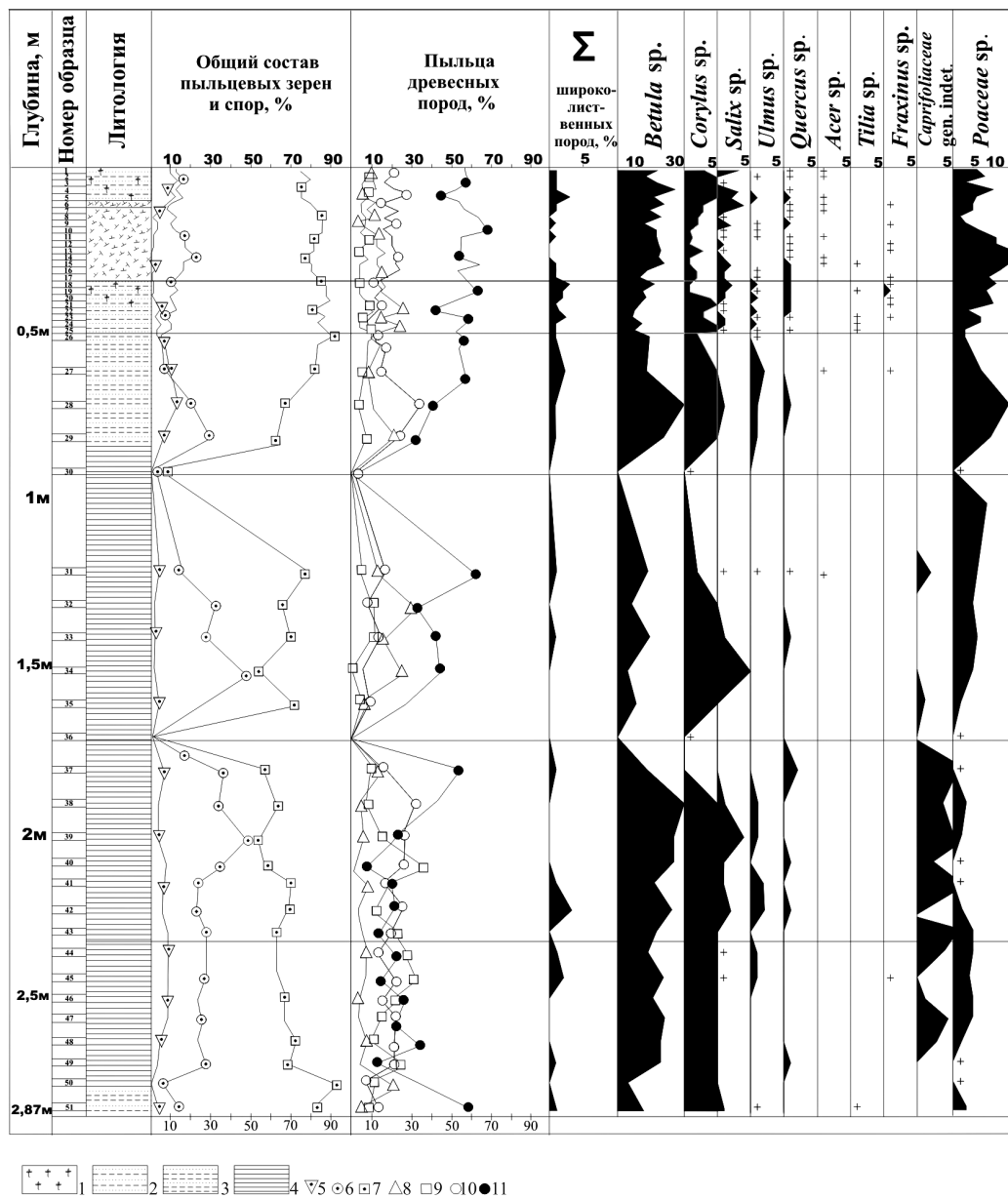


Рис. 3. Спорво-пыльцевая диаграмма озерно-болотных
 1 — перегнившие остатки растительности; 2 — песчано-гли-
 ные глины; 5 — споры; 6 — пыльца травянистых растений; 7 —

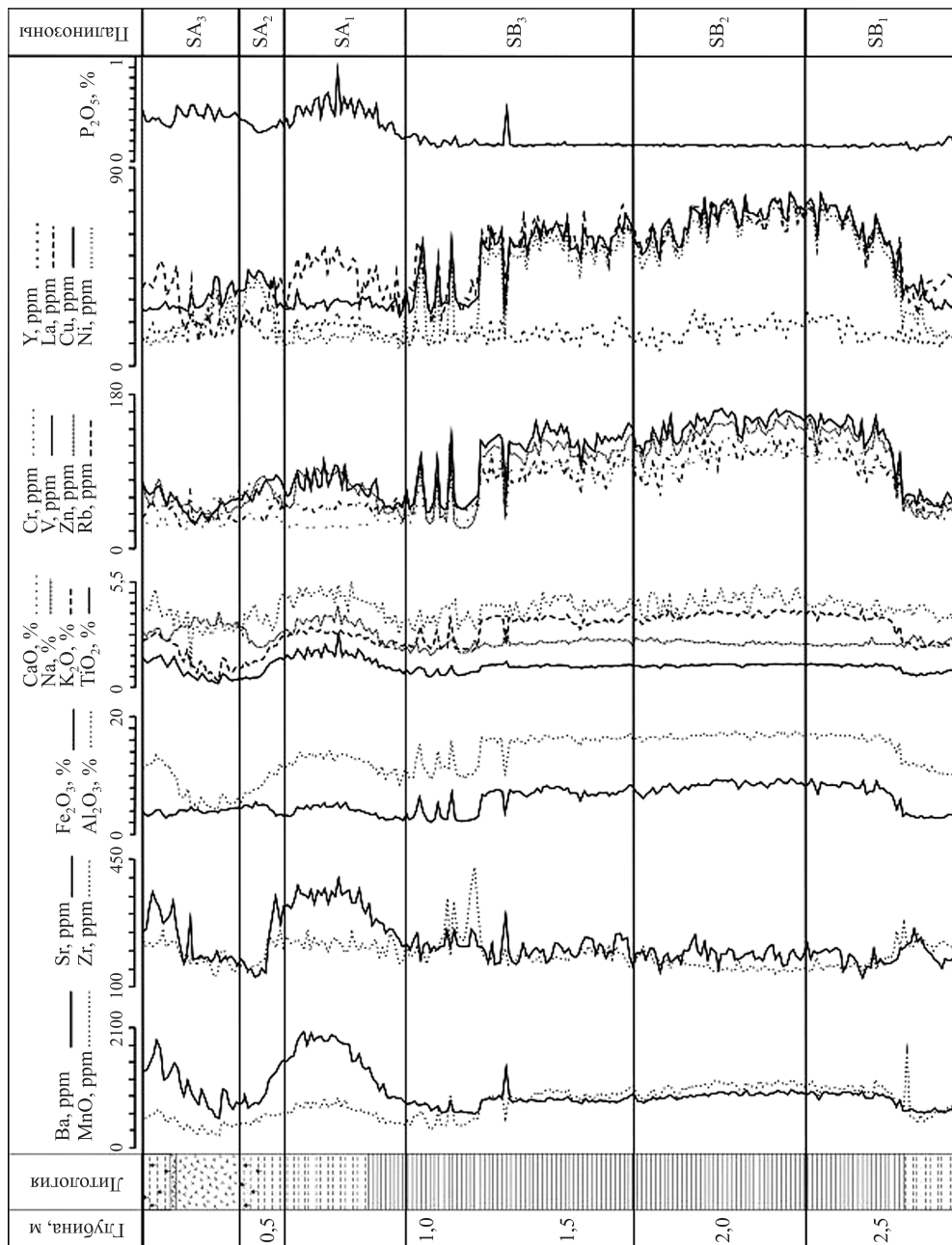


Рис. 4. Геохимическая диаграмма озерно-болотных отложений о-ва Валаам, вскрытых скважиной «Болого 2»

Палинозона III — ранняя субатлантика (SA1), выделена на глубине 0,90–0,50 м. В составе спектров древесно-кустарниковой группы растений господствует пыльца сосны (от 33 до 59%). Участие пыльцы березы достигает 23%, ели — 14%. Количество пыльцы лещины и ольхи не превышает 9% у каждого из видов. Участие пыльцы широколиственных пород (преимущественно вяза) в спектрах составляет 1,5%.

Максимальное содержание пыльцы травянистых растений (30%) зафиксировано в средней части данной палинозоны. На границе SA3/SA2 их присутствие в палиноспектрах становится менее значительным (6%). Травянистые растения в основном представлены злаковыми. К концу периода участие в спектрах пыльцы ранее преобладавших полыней и представителей семейства маревых существенно сокращается.

В группе споровых доминируют папоротникообразные и сфагновые мхи, в незначительном количестве зафиксированы *Lycopodium* и *Botrychium* sp.

Содержание пыльцевых зерен с морфологическими отклонениями в пределах этой палинозоны колеблется от 0 до 3%, при этом значения меняются скачкообразно.

Отложения, сформировавшиеся в раннесубатлантическое время, представлены двумя типами пород — голубовато-серой, гомогенной глиной (0,90–0,80 м) в подошве слоя и светлоокрашенной супесью (0,80–0,50 м). Значительное количество грубообломочного материала определило геохимические особенности данного интервала разреза, аккумулятивный ряд которого приобрел следующий вид — $P_2O_5 > Ba > TiO_2 > Sr > CaO > Y > Zr > Na$. Кроме того, для элементов группы железа отмечена выраженная тенденция к рассеянию.

Палинозона II — средняя субатлантика (SA2), выделенная на глубине 0,50–0,34 м, характеризуется увеличением содержания пыльцы ели (до 25%). Одновременно роль пыльцы сосны в спектрах возрастает до 54%, а ольхи — до 8%. Зарегистрировано увеличение содержания в спектрах пыльцы широколиственных пород до 2%. Постоянно фиксируются единичные пыльцевые зерна ив.

Среди травянистых растений продолжают преобладать злаки (от 3 до 11%), постоянно встречаются *Artemisia* sp., *Urtica* sp., *Sparganiaceae* gen. indet., *Polygonaceae* gen. indet., *Plantago* sp.

Споровые растения представляют *Sphagnum* sp. (до 4%) и *Polypodiaceae* sp. (до 1%).

Содержание тератоморфных пыльцевых зерен в выделенном палинокомплексе практически не изменяется — в среднем составляет около 3%.

Рост содержания органического вещества в светлоокрашенных супесях средней субатлантики обусловил дальнейшее увеличение содержания биофильных элементов и существенное снижение (вплоть до абсолютных минимумов) концентраций основных породообразующих элементов (MgO , Fe_2O_3 , MnO , K_2O , Al_2O_3 , TiO_2).

Палинозона I — заключительный этап субатлантического периода (SA3). Глубина — 0,34–0,0 м. В доминирующей группе древесно-кустарниковых растений продолжает господствовать пыльца сосны (в среднем 57%). Второе место в палиноспектрах занимает береза (в среднем 20%). Участие пыльцы ели сокращается до 11%.

Пыльца травянистых растений характеризуется максимальным по разрезу разнообразием таксонов (осоковые, розоцветные, вересковые, валерьяновые, маревые и сложноцветные, в том числе и полыни). На этом фоне преобладает пыльца злаков (их участие в палиноспектрах возросло до 9%). Выявлены и пыльцевые зерна водных растений, преимущественно из семейства *Nymphaeaceae* gen. indet.

Среди споровых растений преобладают сфагновые мхи и в существенно меньшей степени папоротникообразные.

Содержание тератоморфных пыльцевых зерен в спектрах данной палинозоны не превышает 3%. При этом на глубине от 0 до 16 см фиксируются минимальные для палинозоны значения содержания патологически развитых пыльцевых зерен.

Именно на заключительном этапе субатлантики (SA3) сформировался сфагново-осоковый слой торфа, обогащенный в верхней части песчаным материалом. Процесс торфонакопления на территории исследования сопровождался усиливающейся аккумуляцией биофильных элементов. Наиболее интенсивно накапливались P и Ca. Образцы с высокими значениями содержания Ti и Zr приурочены здесь к прослоям песчаного материала.

Полученные нами оригинальные данные литостратиграфического, палинологического и геохимического анализов озерно-болотных отложений о-ва Валаам позволили уточнить долговременные тенденции средне- и позднеголоценового времени в развитии островных геосистем и выделить шесть палеогеографических этапов формирования природной среды. Исходя из современных представлений, природные условия каждого из этапов формировались в результате изостатического поднятия земной коры, что вызывало изменения уровня Ладожского озера, а также общего для Северной Европы климатического тренда и локальных ландшафтных особенностей, что определяло облик растительного покрова [17,18]

Начавшаяся около 5 тыс. лет назад Ладожская трансгрессия привела к поднятию уровня воды в северной части Ладоги до отметок превышающих современные на 5–10 м [19–21]. Это событие способствовало интенсивному размыву побережья и накоплению обломочного материала в прибрежно-мелководной зоне, что подтверждается повышенными значениями коэффициента $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (рис. 5.), отражающего обогащение осадков кварцем, по сравнению с глинистыми и полевопаштовыми минералами. Высокая активность водной среды, вероятно, обусловила низкую концентрацию пыльцевых зерен (< 50 п. з. на стекло) и их плохую сохранность в донных отложениях. Ослабление гидродинамики водной среды вследствие продолжающейся трансгрессии Ладожского озера привело к постепенной смене мелководных песчаных фаций более глубоководными глинистыми, что нашло отражение в снижении значений алюмосиликатного модуля.

Большая часть лесов, произрастающих в раннесуббореальное время, вероятно, являлись полидоминантными, при этом наиболее широко были распространены сосново-еловые леса, а на хуже дренированных участках преобладали сероольшаники.

В среднесуббореальное время продолжала накапливаться светло-серая опесчаненная глина с четко выраженной слоистостью. Выявлена относительная стабилизация гидродинамических условий, которая подтверждается ходом кривых большинства геохимических коэффициентов. Для этого времени характерны прохладные и умеренно влажные климатические условия (чему соответствуют показатели $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ и Rb/Sr), которые вызвали перераспределение в соотношении типов лесов с увеличением роли березняков. Последние, вероятно, занимали возвышенные участки с маломощными слабо развитыми почвами, о чем косвенно свидетельствуют широко распространенные в данное время представители семейства маревых и полыни. Роль злаковых становится менее заметной, в то время как сфагновые мхи и представители семейства осоковых приобретают большую значимость.

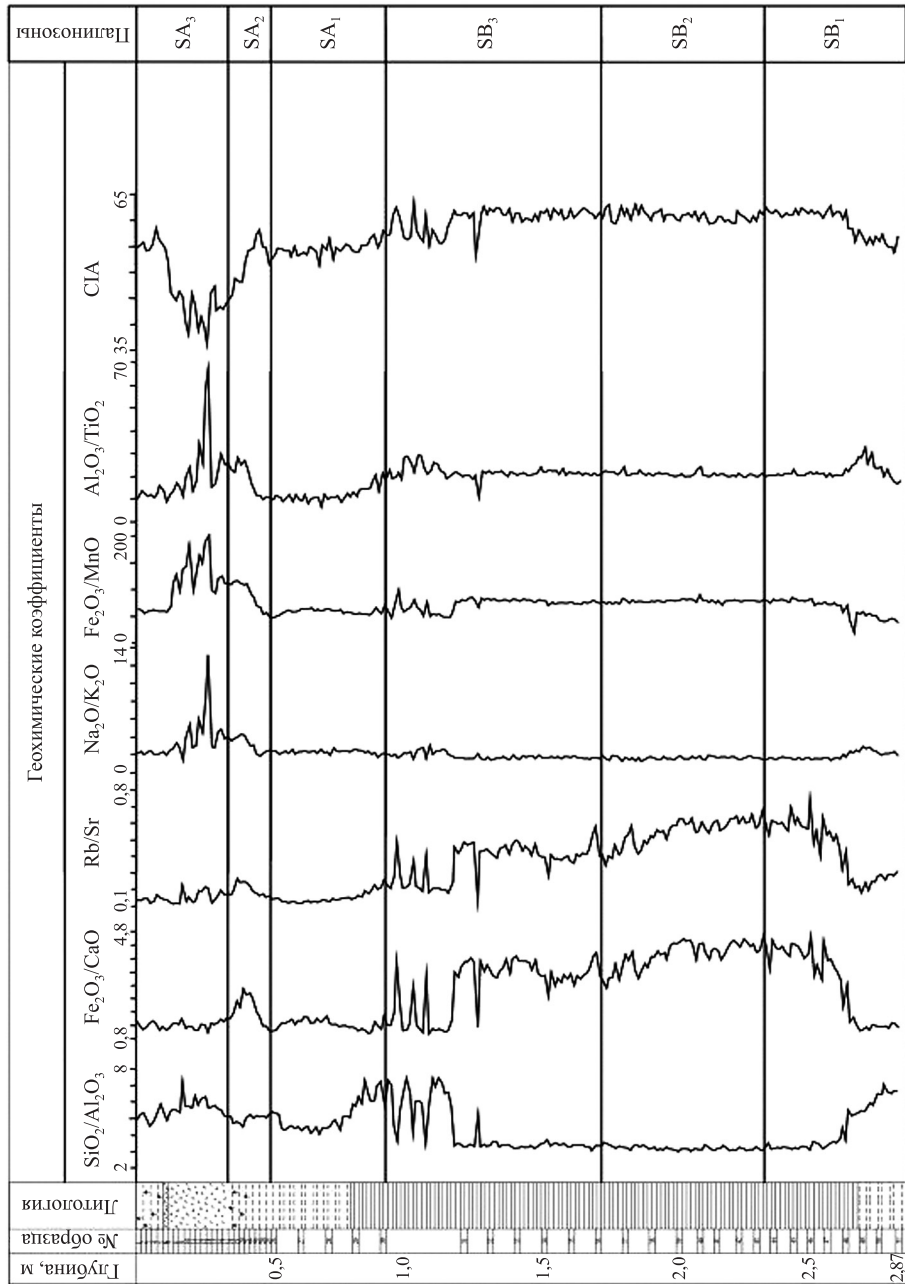


Рис. 5. Распределение значений геохимических показателей по разрезу, представленному озерно-болотными отложениями о-ва Валаам, вскрытыми скважиной «Болото 2»

Существенные изменения условий осадконакопления, фиксируемые нами с середины позднего суббореала, вероятно, связаны с процессом окончательного формирования русла р. Невы, датируемого разными авторами от 3700 до 2400 л. н. [17, 21]. Падение уровня Ладожского озера привело к перераспределению глинистого и песчаного материалов с увеличением доли последнего, что наглядно демонстрирует увеличение коэффициента $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Уменьшение соотношения Rb/Sr характеризует ослабление процессов физического выветривания, вероятно, отражающее относительное похолодание.

Увеличение влажности в это время, на фоне продолжающегося похолодания, привело к преимущественному распространению еловых и сосново-еловых лесов. Участие термофильных пород в древостое сократилось до минимальных значений. Существенное обмеление прибрежной зоны, вызванное отступлением вод Ладожского озера, способствовало интенсивному распространению макрофитов. Расширяющуюся площадь открытых территорий заселяли преимущественно представители мезофильного разнотравья.

Песчано-глинистые отложения, сформировавшиеся в ранней субатлантике вследствие продолжающейся регрессии, указывают на выраженный процесс обмеления и, соответственно, усиление гидродинамики водной среды. Последовавшая за этим (ближе к середине среднесубатлантического времени) резкая смена литологического состава отложений с увеличением доли грубозернистой фракции, вероятно, свидетельствует о произошедшей в это время изоляции водоема (располагавшегося в пределах современной территории исследования) от Ладоги. Наличие в изученных донных отложениях P_2O_5 свидетельствует о появлении в образовавшемся водоеме застойных условий с восстановительной средой осадконакопления. Кроме этого, фиксируется изменение показателей $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ и Rb/Sr , что отражает смену климатических условий в сторону влажного и теплого климата.

О потеплении в начале субатлантического периода свидетельствует и заметное увеличение содержания термофильных пород в лесах на фоне преобладающих в древостое сосны и березы. Распространению последней, возможно, способствовали благоприятные условия на территориях, освобождавшихся при отступлении Ладоги. Злаки, вероятнее всего, образовывали наземный покров в редкостойных березняках, оставляя второстепенную роль для осоковых, полыни и маревых.

Наблюдающийся рост значений коэффициента $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ в среднесубатлантическое время указывает на увеличение песчаности донных осадков палеоводоема, которое связано с интенсивной денудацией ультраосновных пород в области сноса, вызванной продолжающейся регрессией. В обстановке изолированного водоема условия осадконакопления становятся более восстановительными, что вызвано увеличением доли органического вещества и отражается на увеличении показателей коэффициента $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MnO}$. Увеличение значений индикаторных соотношений элементов $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$, Rb/Sr и $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ характеризует усиление процессов физического и химического выветривания. Изменение состава растительности, вызванное незначительным потеплением и повышением влажности в середине субатлантического периода, проявилось в возрастании роли сосново-еловых древостоев с участием широколиственных пород. Таксономический состав в группе травяно-кустарничковых растений расширяется, при этом их роль в спектрах остается по-прежнему скромной.

На замедление темпов органогенной седиментации в конце поздней субатлантики указывает снижение концентраций P_2O_5 и увеличение значений коэффициента

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Высокие значения алюмосиликатного модуля обусловлены неоднородностью литологического состава осадка — наличием песчаного прослоя в толще органогенных отложений. Формирование указанного прослоя, по-нашему мнению, связано с процессом антропогенной трансформации ландшафта при проведении мелиоративных работ.

Увеличение влажности существенно не отразилось на составе лесных формаций поздней субатлантики. Здесь по-прежнему доминируют сосново-березовые леса, участие ели в лесных фитоценозах постепенно сокращается. Среди представителей травянистых сообществ встречаются виды — спутники человека: крапива, подорожник, лебеда, полынь. Отмечается невысокая продуктивность споровых растений, представленных преимущественно сфагновыми мхами. Стоит отметить и тот факт, что, невзирая на некоторые изменения природных условий в позднесубатлантическое время (увеличение влажности и похолодание климата), в спорово-пыльцевых спектрах возрастает содержание пыльцы березы за счет сокращения пыльцы хвойных пород (в частности, пыльцы ели). Вероятно, это свидетельствует о появлении вторичных березовых лесов в местах обширных вырубок (или гарей). Таким образом, новые данные палинологического и геохимического анализов, полученные по разрезу озерно-болотных отложений, позволили уточнить имеющиеся представления об истории развития природной среды среднего и позднего голоцена на территории Валаамского архипелага.

Заключение

Детальное палинологическое изучение отложений о-ва Валаам позволило не только установить их возраст, но и проследить смену состава растительности в течение средне- и позднего голоценового времени. Выявленная сглаженность климатических переходов на границах палинозон, по-видимому, объясняется локальными особенностями природной среды Валаамского архипелага. Применение метода палиноиндикации качества окружающей среды в наших исследованиях помогло облегчить процесс детализации физико-географических обстановок, особенно на границах ранний / средний суббореал и ранняя / средняя субатлантика. Именно здесь зарегистрированы максимальные для всего разреза концентрации тератоморфных пыльцевых зерен.

Геохимический анализ дал возможность выделить три основных этапа в формировании осадков на территории исследования: I этап — накопление терригенного материала с начала суббореального и до середины субатлантического времени с интенсивной концентрацией в осадках большинства изученных элементов; II этап — формирование толщи органогенных отложений до середины позднеатлантического времени с отчетливо выраженной тенденцией к снижению в осадках концентраций терригенных микроэлементов и накоплению P_2O_5 , CaO, Sr и Ba в составе органоминеральных комплексов; III этап — накопление поверхностного 10-сантиметрового слоя осадков, осуществляемого под возможным влиянием антропогенных преобразований на водосборе в позднесубатлантическом периоде, характеризующемся разнонаправленным ходом кривых содержаний большинства изученных элементов и разрушением естественных ассоциаций.

Реконструкция природной среды позднесубатлантического времени на основе данных геохимических исследований во многом осложнена процессом антропогенной трансформации естественных ландшафтов, зачастую ведущим к разрушению

устоявшихся естественных геохимических связей и перераспределению вещества в пределах культурного слоя. Поэтому, с нашей точки зрения, использование большинства геохимических коэффициентов целесообразно только для отложений, не вовлеченных в хозяйственную деятельность.

Тем не менее благодаря проведенной работе нам удалось вполне доказательно продемонстрировать, что комплексное использование палинологического и геохимического методов значительно облегчает процесс реконструкции и детализации природных обстановок ландшафтов голоценового времени.

Литература

1. *Saarnisto M.* Shoreline displacement of Lake Ladoga — new data from Kilpolansaari // *Hydrobiologia*. 1996. Vol. 322. P.205–215.
2. *Vuorela I., Lempiäinen T., Saarnisto M.* Land use pollen record from the Island of Valamo, Russian Karelia // *Ann. Bot. Fennici*. 2001. Vol. 38, N 2. P. 139–165.
3. *Vuorela I., Saarnisto M.* Introduction of agriculture in Valamo, Russian Karelia: paleoecology of lake Nikkananlampi // *ISKOS*. 1997. Vol. 11. P. 140–151.
4. *Гавриленко В. В., Матинян Н. Н., Панова Е. Г.* Валаамский архипелаг. Геохимия горных пород, почв и донных осадков: учеб. пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2007. 83 с.
5. *Елсукова Е. Ю.* Диагностика состояния и устойчивости внутренних водоемов и акватории Ладожского озера в районе острова Валаам // *Вестн. С.-Петербур. ун-та. Сер. 7: Геология, география*. 1998. Вып. 3 (№ 21). С. 86–94.
6. *Морозова Р. М., Лазарева И. П.* Почвы и почвенный покров Валаамского архипелага. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. 170 с.
7. *Панова Е. Г., Болотова А. А.* Геохимическая оценка локальных загрязнений донных осадков бухт Валаамского архипелага // *Геоэкология*. 2000. №1. С. 28–34.
8. *Панова Е. Г., Гавриленко В. В., Матинян Н. Н., Шешукова А. А.* Геохимическая оценка загрязнений почвенного покрова Валаамского архипелага // *Геоэкология*. 2002. № 6. С. 500–505.
9. *Лукашев В. К.* Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. Минск: Наука и техника, 1972. 320 с.
10. *Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З.* Литологические, литохимические и геохимические индикаторы палеоклимата (на примере рифея Южного Урала) // *Литология и полезные ископаемые*. 2003. № 5. С. 502–526.
11. *Дзюба О. Ф.* Результаты палинологического исследования разреза торфяных отложений Никольско-Лютинского болота (Новгородская — Псковская обл.) // *Тр. ВНИИ торфяной промышленности*. Вып. 53. Л., 1984. С. 10–16.
12. *Пыльцевой анализ / под ред. И. М. Покровской.* М.: Госгеолитиздат, 1950. 553 с.
13. *Каревская И. А.* Спорово-пыльцевой анализ при палеогеографических и геоморфологических исследованиях: учеб. пособие. М.: ИГиРГИ, 1999. 13 с.
14. *Дзюба О. Ф., Кочубей О. В., Симонова Е. Ю.* Реконструкции палеоэкологических обстановок голоценового времени с привлечением метода палиноиндикации качества окружающей среды // *Палинология: стратиграфия и геоэкология: сб. науч. тр. XII Всероссийской Палинологической конференции: в 3 т. / отв. ред. О. М. Прищепа, Д. А. Субетто, О. Ф. Дзюба.* СПб.: ВНИГРИ, 2008. Т. 2. С. 247–256.
15. *Дзюба О. Ф.* Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006. 198 с.
16. *Дзюба О. Ф.* Палиноиндикация состояния окружающей среды и индикация глобальных экологических процессов в историческом прошлом Земли // *Палинология в России.* М.: ИГиРГИ, 1995. С. 104–112.

17. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения Северо-Запада России / А. Л. Александровский, Х. А. Арсланов, Н. Н. Давыдова, П. М. Долуханов, Г. И. Зайцева, А. Н. Кирпичников, Д. Д. Кузнецов, М. Лавенто, А. В. Лудикова, Е. Н. Носов, Л. А. Савельева, Т. В. Сапелко, Д. А. Субетто // Докл. АН. М.: Наука, 2009. Т. 424, № 5. С. 682–687.

18. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера / Д. Б. Малаховский, Х. А. Арсланов, Н. А. Гей, Р. Н. Джиноридзе, М. Г. Козырева // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / под ред. Н. Н. Давыдовой, Б. И. Кошечкина. СПб.: Изд-во РГО. 1993. С. 61–73.

19. *Абрамова С. А., Давыдова Н. Н., Квасов Д. Д.* История Ладожского озера в голоцене по данным спорово-пыльцевого и диатомового анализов // История озер Северо-Запада / отв. ред. С. В. Калесник. Л., 1967. С. 113–132.

20. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / под ред. Д. Д. Квасова, Г. Г. Мартинсона, А. В. Раукас. Л.: Наука, 1990. 280 с.

21. *Кошечкин Б. И., Экман И. М.* Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / под ред. Н. Н. Давыдовой, Б. И. Кошечкина. СПб.: Изд-во РГО, 1993. С. 49–60.

Статья поступила в редакцию 15 декабря 2011 г.