

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архивная справка. Некрополь 18 века. ГМГС, Л-75. Надгробие М. В. Ломоносова, инв. № 154.
2. База данных по состоянию скульптурных памятников Санкт-Петербурга www.opticalcomponents.ru
3. Экспертиза камня в памятниках архитектуры: Основы, методы, примеры / А. Г. Булах, Д. Ю. Власов О. В., Франк-Каменецкая и др. / Под ред. А. Г. Булаха. СПб.: Наука, 2005. 198 с.

REFERENCES

1. Arhivnaja spravka. Nekropol' 18 veka. GMGS, L-75. Nadgrobie M. V. Lomonosova, inv. № 154.
2. Baza dannyh po sostojaniju skul'pturnyh pamjatnikov Sankt-Peterburga www.opticalcomponents.ru
3. Jekspertiza kamnja v pamjatnikah arhitektury: Osnovy, metody, primery / A. G. Bulah, D. Ju. Vlasov, O. V. Frank-Kameneckaja i dr. / Pod red. A. G. Bulaha. SPb.: Nauka, 2005. 198 s.

E. M. Nesterov, D. A. Morozov

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ РАЗВИТИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ О. ВАЛААМ ПО ДАННЫМ ГЕОХИМИИ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

[Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития
РГПУ им. А. И. Герцена на 2012–2016 годы (мероприятие 2.3.1)].

Рассмотрены геохимические особенности донных отложений внутренних водоемов о. Валаам с целью реконструкции палеоэкологических обстановок развития окружающей среды. Определены условия осадкообразования на разных этапах эволюции исследуемой территории.

Ключевые слова: Валаам, геохимия, палеоэкология, озерные отложения, закономерности эволюции, реконструкция.

E. Nesterov, D. Morozov

Paleoecological Features of the Environment Development of the Island Valaam According to Geochemical Analysis of the Lake Sediments

In this article the geochemical characteristics of sediments of the Valaam Island inland lakes are considered with the purpose to reconstruct palaeoecological parameters of the environment. The conditions of sedimentation at different stages of the evolution of the area are described.

Key words: the Valaam, geochemistry, paleoecology, lake sediments, trends of evolution, reconstruction.

Изменение природных обстановок находит свое отражение в составе донных отложений. Их изучение дает возможность выделять этапы эволюции природной среды в период развития водоемов. Так, по результатам изучения макро- и микроэлементного состава органо-минеральных осадков с применением методов геохимической индикации можно детально реконструировать многие палеоэкологические параметры природной среды, существовавшие в прошлом [11; 12].

Для Валаамского архипелага, расположенного в северной части крупнейшего пресноводного озера Европы — Ладожского озера, практически не существует детальных реконструкций эволюции окружающей среды, выполненных на основе изучения геохимических особенностей голоценовых отложений. В ранее опубликованных трудах заметная роль в восстановлении исторического прошлого архипелага отводилась результатам палинологических исследований, а геохимия изучалась, как правило, с целью оценки антропогенного воздействия на экосистемы архипелага [5]. Практически полное отсутствие детальных реконструкций условий среды, выполненных с применением комплекса геохимических индикаторов, обуславливает актуальность нашей работы.

Целью исследования является установление временной динамики, факторов, закономерностей и этапов голоценовой эволюции аквальных систем методами комплексной геохимической стратификации донных отложений.

В основу работы легли результаты тематических исследований на территории центральной части острова Валаам в течение полевого сезона 2009 года. Основой фактического материала исследования явились отобранные и изученные авторами статьи керны донных отложений южной части Кукинского залива, представляющего в настоящее время заросший болотной растительностью водоем, именуемый далее «урочище Тихойнинсилти» согласно топографической карте рассматриваемой местности. Объект исследования расположен в центральной части острова, имеет северо-восточное простирание от Лещёвского озера до южной заболоченной части Кукинского залива, ширину около 100 м и абсолютные высоты в пределах 5,5–7,0 м над уровнем моря (рис. 1). По берегам заболоченной части залива произрастает хвойно-мелколиственный лес.

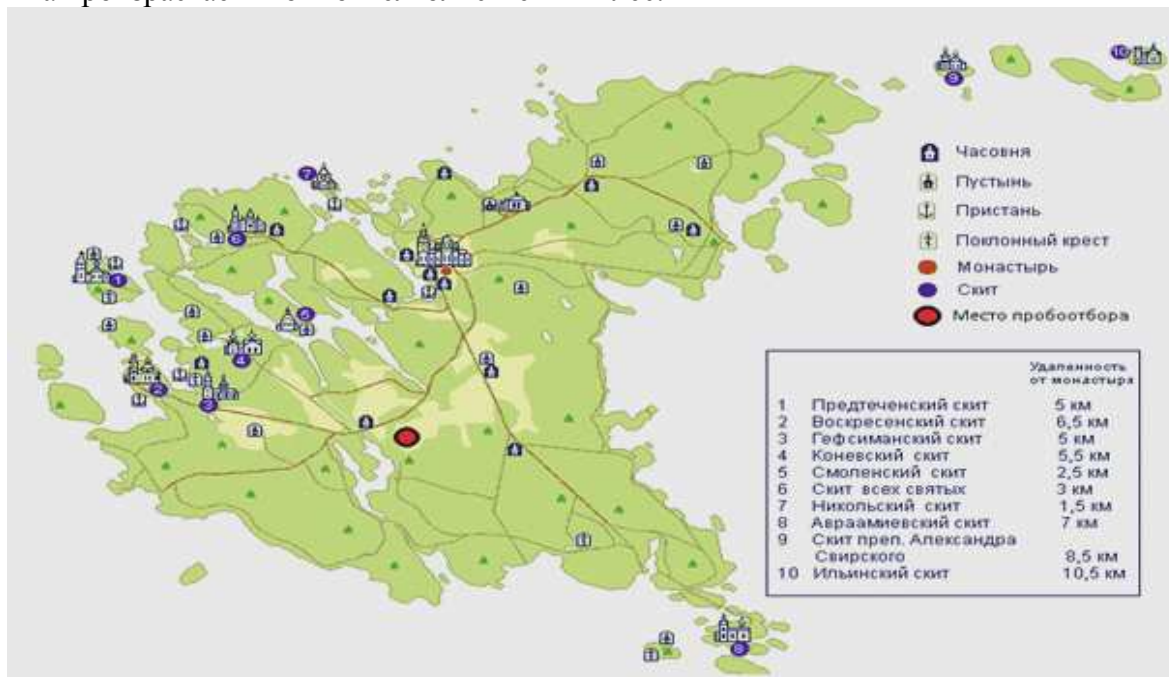


Рис. 1. Схема места пробоотбора

Комплекс литолого-фациальных признаков первоначально рассматривался в полевых условиях, далее — уточнялся в камеральных условиях. Геохимический анализ отложений проводился согласно методике выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлюоресцентного анализа на спек-

тронетре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV» на базе лаборатории геохимии окружающей среды РГПУ им. А.И. Герцена. Определялись содержания в пробах ряда элементов (Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, As, Sr, Pb, Ba, Rb, Nb, La, Y, Zr) и оксидов (TiO_2 , MnO , SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , Na_2O , MgO , CaO).

Полученные данные обрабатывались с помощью методов математической статистики с применением программ Excel 9.0. и Statistica 6.0.

Образцы из скважины донных отложений были отобраны с поверхности водоема при помощи «Русского бура». Вскрытая мощность отложений составила 820 см. Собрана представительная коллекция образцов донных осадков (более 400). Опорный разрез представлен на рис. 2.

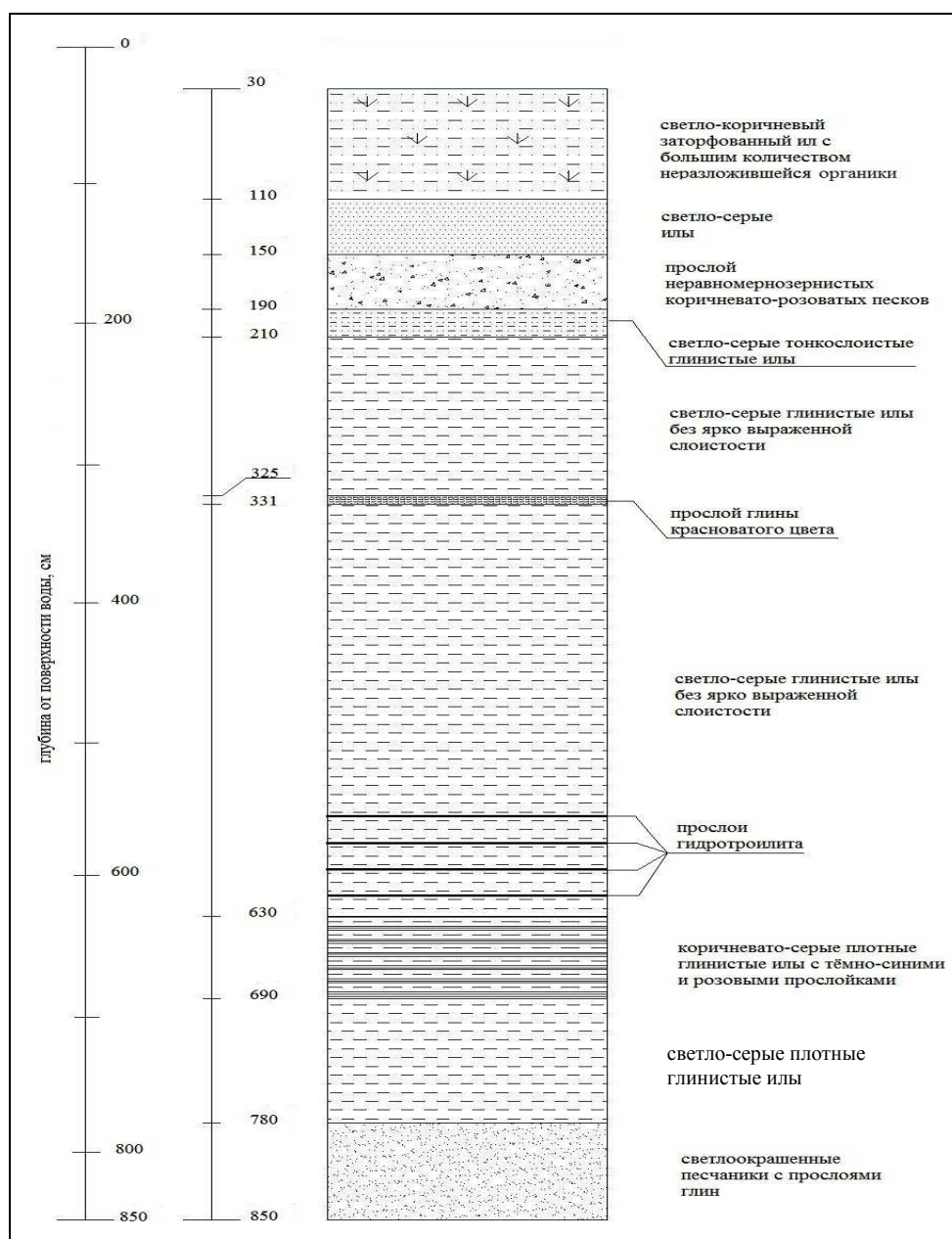


Рис. 2. Разрез донных отложений урочища Тихойнинсилти

Литологические особенности отложений разреза свидетельствуют о том, что на территории современного острова Валаам существовало несколько различных обстановок осадконакопления, обусловленных тем, что формирование осадков происходило в условиях последовательного чередования трансгрессивно-регрессивных ритмов Ладожского озера. Изменение его уровня и, как следствие, гидродинамики водной среды нашло своё отражение в литологическом составе, что, в свою очередь, позволило выделить три этапа седиментогенеза:

1-й этап (850–190 см) — накопление глинистой толщи, сформировавшейся в относительно глубоководных условиях (общая мощность данных отложений составляет 660 см).

2-й этап (190–150 см) — образование слоя неравномернозернистых песков с примесью глинистого материала. Песчаные отложения, накопившиеся в мелководных условиях, свидетельствуют о снижении уровня Ладожского озера в это время. Присутствие в осадках большого количества грубообломочных частиц указывает на возросшую гидродинамику водной среды. Мощность накопившегося слоя составляет 40 см.

3-й этап (150–80 см) — органогенная седиментация с накоплением толщи органоминеральных илов с большим количеством неразложившейся органики в изолированном водоёме.

Интерпретация геохимических данных проводилась в несколько этапов. Первый этап включал предварительную оценку характера распределения валовых содержаний элементов в толщах донных отложений. В качестве среднего значения для толщи отложения рассчитывалось среднее арифметическое. Критерием оценки изменчивости микроэлементов в толщах осадков являлось отклонение концентраций отдельных элементов на разных участках колонки от их средних арифметических значений, вычисленных для данного разреза. Отклонение от среднего в сторону больших значений указывает на тенденцию к аккумуляции элемента, а в сторону меньших значений — на усиление его рассеяния. Для наглядности изменчивости содержаний аналитических элементов по толще были построены графики их распределения по разрезу донных отложений (рис. 3–5). Анализ графиков позволил выделить три зоны с различной геохимией. Первая зона (850–190 см) характеризуется плавным распределением концентраций химических элементов с незначительным колебанием содержания на глубинах 790–770 см. Эта зона характеризуется повышенными величинами содержаний для оксидов алюминия, калия и магния, а также для Cu, Fe, Cr, Ni, V, Rb. Пониженные концентрации отмечаются для P₂O₅, Ba, Zr. Вторая зона с заметно различающейся геохимией — глубины 190–150 см. Здесь наблюдается резкое увеличение значений концентраций для CaO, P₂O₅, SiO₂, TiO₂, Ba, Sr, Zr и понижение содержаний K₂O, MgO, Cu, Fe, MnO, Cr, Ni, V, Zn. Глубины 150–80 см характеризуются средними концентрациями для большинства элементов и оксидов.

Таким образом, наличие большого фактического материала позволило проследить изменчивость химического состава по разрезу и выделить различные геохимические разности, формирование которых происходило на разных стадиях седиментогенеза, при этом выделенные зоны хорошо соотносятся с литологическими разностями.

Данные о содержании основных оксидов, полученные методом рентгенофлуоресцентного анализа, сравнивались со средними содержаниями элементов в озерных отложениях о. Валаам [10] и со средним химическим составом глинистых отложений Русской платформы [13] (см. табл.).

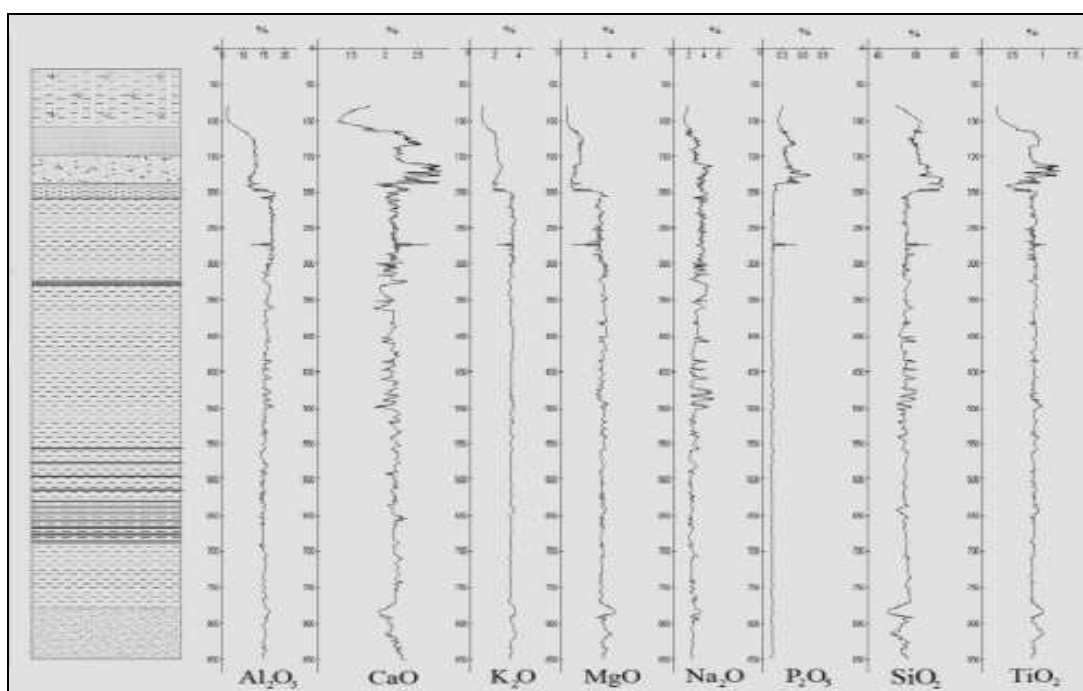


Рис. 3. Графики распределения оксидов по разрезу донных отложений

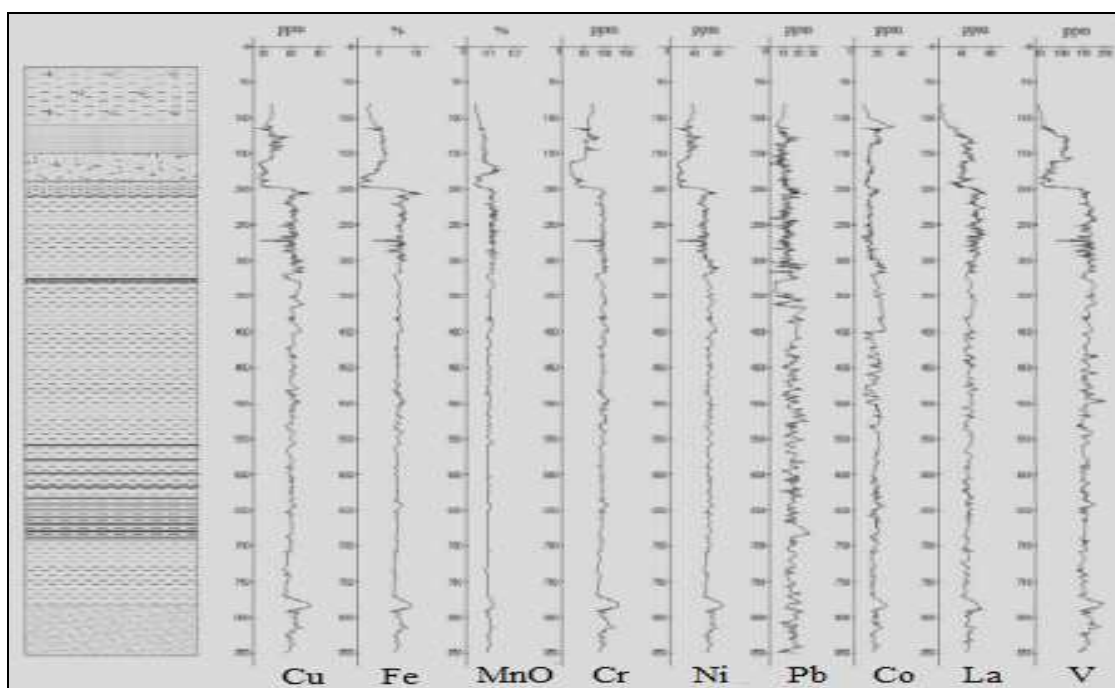


Рис. 4. Графики распределения Cu, Fe, MnO, Cr, Ni, Pb, Co, La, V по разрезу донных отложений

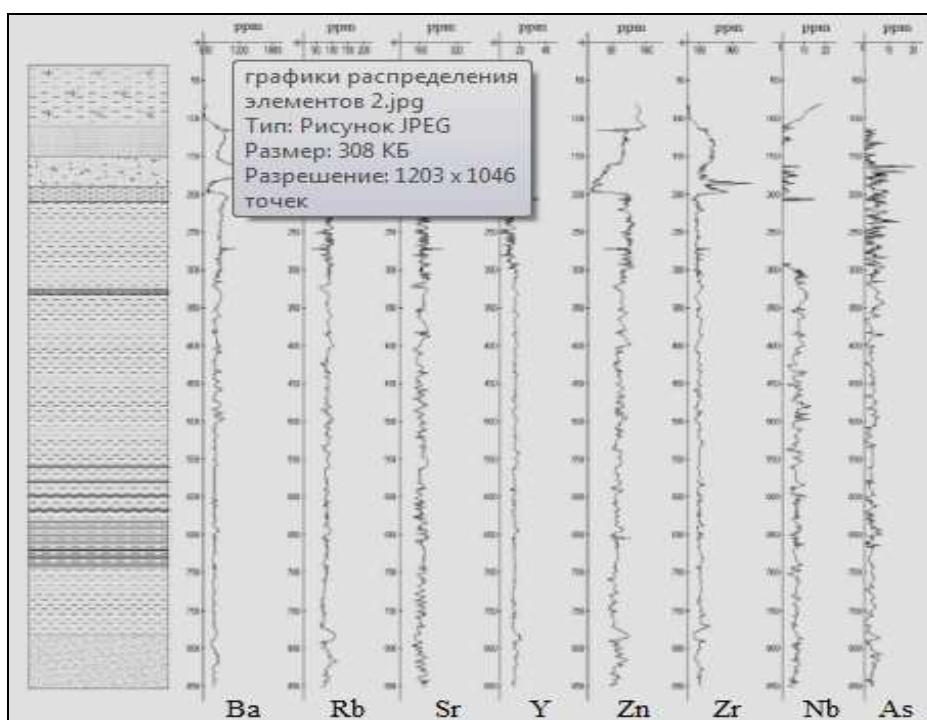


Рис. 5. Графики распределения Ba, Rb, Sr, Y, Zn, Zr, Nb, As по разрезу донных отложений

**Средние содержания породообразующих оксидов
в донных отложениях урочища Тихойнинсилти**

Места отложений	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂
о. Валаам [10]	71,77	12,22	0,37	2,56	1,78	1,95	1,87	0,10	1,17
Глины Русской Платформы [13]	52,38	15,3	0,12	5,55	3,02	3,89	0,82	0,09	0,85
урочище Тихойнинсилти	55,14	14,97	0,19	2,08	2,98	2,98	2,14	0,09	0,84

В целом следует отметить близость значений, однако наблюдается относительное обогащение отложений изученного нами разреза Al₂O₃, MgO, K₂O и обеднение SiO₂ и P₂O₅ по сравнению с озерными осадками о. Валаам, что объясняется преобладанием глинистых отложений во вскрытой нами толще. Результаты сравнения геохимического состава донных осадков урочища Тихойнинсилти со средними значениями для глин Русской платформы указывают на высокую степень близости сравниваемых значений. Исключение составляют величины концентраций CaO, более чем в два раза ниже фоновых, и двукратное превышение содержаний Na₂O над фоновыми значениями.

Результаты спектрального анализа отложений были обработаны с помощью метода главных компонент факторного анализа. Наиболее высокие нагрузки связаны с первыми двумя факторами (F₁ — 45%, F₂ — 22%), каждый из которых имеет достаточно сложную структуру:

$$F_1 \frac{(\text{SiO}_2)_{91}(\text{P}_2\text{O}_5)_{84}}{\text{Ni}_{98}\text{Cr}_{96}\text{Cu}_{96}\text{Rb}_{89}(\text{K}_2\text{O})_{84}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{75}\text{V}_{73}}; F_2 \frac{\text{Fe}_{87}}{(\text{Na}_2\text{O})_{78}\text{Nb}_{71}}.$$

Первый фактор отвечает за общее обогащение пород химическими элементами и характеризует литологические особенности пород. Его отрицательные значения связаны с глинистыми отложениями, накапливавшимися в относительно глубоководных условиях до выхода о. Валаам на дневную поверхность. Его положительные значения связаны с осадками, формировавшимися в условиях образования супесчаного слоя, накопившегося в мелководных условиях при снижении уровня Ладоги.

Второй фактор имеет неясную структуру. Мы предполагаем, что он отвечает за разделение отложений в зависимости от химизма питающих их коренных пород острова. Положительные значения данного фактора связаны с габбро-долеритами как источниками поступающего в бассейн седиментации материала. Отрицательные значения указывают на породы гранитного состава.

Восстановление ландшафтно-климатических условий

К настоящему времени значительное внимание уделяется геохимической индикации условий формирования осадочных пород при помощи петрохимических модулей — ряда отношений химических элементов и модулей, некоторые из которых были впервые введены в середине XX в., но системно применены Я. Э. Юдовичем и М. П. Кетрис в конце прошлого века [2]. Реконструкция палеоэкологических условий седиментации оценивалась по изменению геохимических индикаторов палеосреды. Гидролизатный модуль ($GM = Al_2O_3 + Fe_2O_3 / SiO_2$) позволяет разделять породы, содержащие продукты гидролиза (каолинит, оксиды алюминия, железа, марганца), и кремнезем. Чем выше значения этого модуля, тем более сильное и глубокое выветривание претерпевали породы источников сноса, чем меньше, тем выше зрелость осадочной породы. Алюмокремниевый модуль ($AM = Al_2O_3 / SiO_2$) дублирует гидролизатный модуль и также показывает степень зрелости осадочных отложений [3]. Расчеты, выполненные для осадков урочища Тихойнинсилти, показывают, что изменение ГМ и АМ имеет сходный характер (рис. 6). Значения данных модулей на глубинах 850–190 см указывают на стабильные, неменяющиеся условия, которые обуславливали процессы выветривания пород области сноса. Вверх по разрезу, начиная с глубины 190 см, значения модулей падают, указывая на более высокую химическую зрелость осадков верхней части разреза.

По представлениям М. Бхатиа и К. Крука, хорошим показателем зрелости осадков, а следовательно, и климата является отношение Zr/TiO_2 и La/V [8]. Связано это с тем, что некоторые темноцветные минералы (пироксены, амфиболы и ряд окислов), в значительной мере обогащенные титаном и ванадием, достаточно быстро разрушаются при транспортировке и седиментации, тогда как более устойчивые — циркон, апатит, монацит и другие — содержат повышенные концентрации Zr и La. Следовательно, оба указанных отношения имеют тенденцию к росту в более зрелых отложениях, представленных в изученном нами разрезе на глубинах 190–110 см (рис. 6).

Максимальные значения величин титанового модуля ($TM = TiO_2 / Al_2O_3$) связаны с гумидными эпохами, которые отличались наиболее интенсивным химическим выветриванием, при этом в гумидных условиях содержание TiO_2 в глинах непрерывно снижается от континентальных фаций в сторону открытого моря. Меньшая, чем у алюминия, миграционная способность титана определяет накопление максимальных содержаний TiO_2 неподалеку от областей сноса [9]. Повышенные значения ТМ в рассматриваемом разрезе установлены на уровне развития мелководных отложений в слое 190–150 см. В целом незначительные колебания в распределении данного модуля по толще отложений могут указывать на стабильные климатические условия на протяжении формирования осадков (рис. 6).

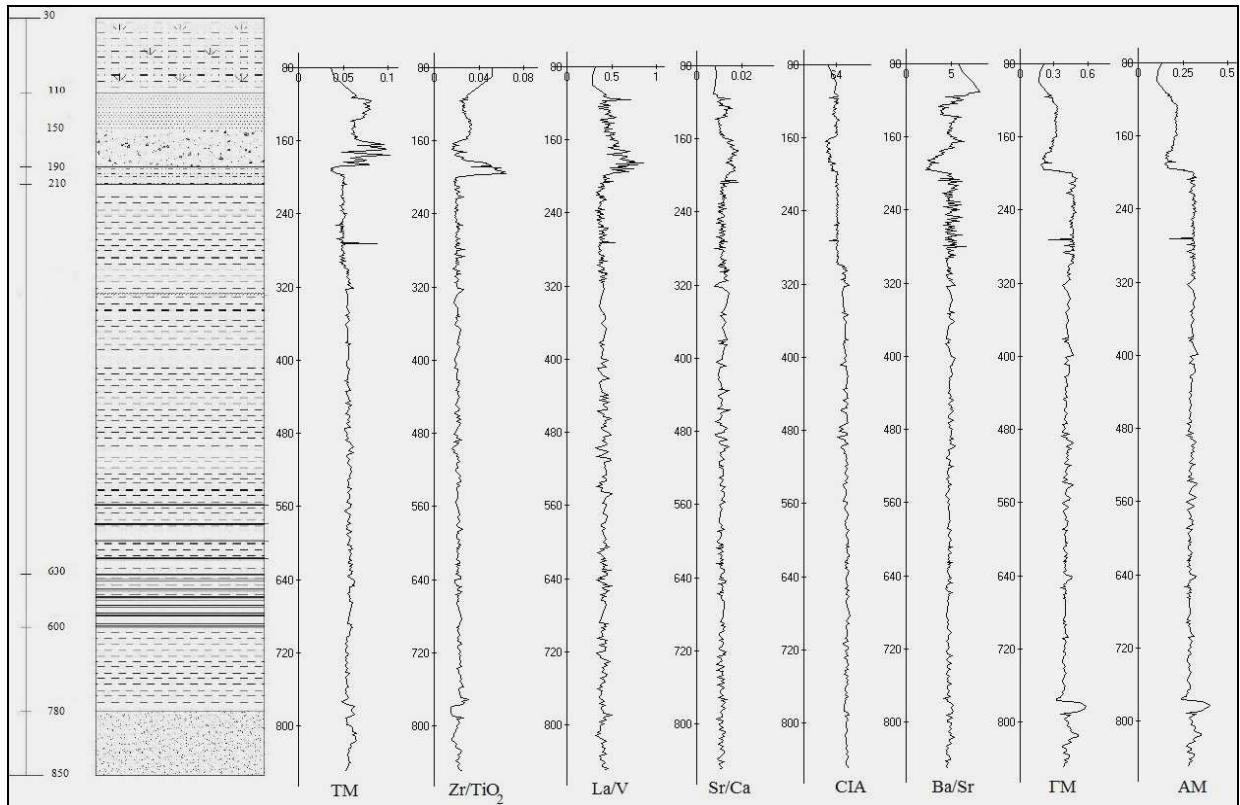


Рис. 6. Значения геохимических модулей в отложениях ур. Тихойнинсилти

Отношение Ba/Sr используется для разделения морских и пресноводных отложений. Генетическая сущность отношения заключается в том, что барий при выветривании и седиментации легко адсорбируется коллоидными частицами. В случае смешения пресных вод с морскими, богатыми сульфатами, основная масса бария осаждается в виде BaSO₄. Высокие содержания бария фиксируются в прибрежно-морских осадках, в частности, вблизи устьев крупных рек, а в открытом море его количество уменьшается. Стронций, в отличие от бария, мигрирует вместе с кальцием, причем в морской воде он не осаждается химическим путем до достижения повышенной солености воды [4]. Величина отношения Ba/Sr в глинистых отложениях ур. Тихойнинсилти находится на одном уровне значений (рис. 6), что говорит о стабильной степени минерализации бассейна седиментации на протяжении длительного периода.

Возможность применения индекса химического выветривания (CIA) для оценки палеоклиматических обстановок формирования тонкозернистых осадков рассматривалась многими исследователями, а результаты реконструкций с использованием индекса CIA считаются достаточно надежными [7]. Невыветрелые породы характеризуются значениями порядка 50 ед., тогда как сильно выветрелые разности имеют CIA до 100 единиц. Пороговым значением для отложений, формировавшихся в условиях холодного климата, является величина CIA=70 единиц. Выше этой величины климат считается гумидным, в интервале значений 60–70 единиц — переходным, менее 60 — относительно аридным. Отложения ур. Тихойнинсилти характеризуются одинаковым уровнем значений для всей толщи и находятся на уровне 64 единиц (рис. 6). Эти данные позволяют предположить существование

переходных климатических обстановок в течение периода формирования вскрытых нами осадков, при этом степень выветрелости пород существенно не менялась.

Е. П. Акульшиной в качестве границ различных климатических обстановок были приняты значения отношения Al_2O_3/TiO_2 , составляющие менее 20 единиц для гумидного климата и более 30 единиц — для аридного; промежуточные значения отношения Al_2O_3/TiO_2 характерны для переходного семиаридного климата [1]. Для отложений рассматриваемого нами разреза значения отношения Al_2O_3/TiO_2 находятся в пределах 20–30 единиц (рис. 7), что характерно для переходных климатических обстановок и подтверждается значениями индекса CIA.

Значения калиевого модуля ($KM=K_2O/Al_2O_3$) могут помочь в разграничении литогенных и петрогенных пород. Многократно переотложенные тонкозернистые обломочные породы характеризуются значениями отношения $K_2O/Al_2O_3 < 0,3$; в петрогенных глинах калий содержится преимущественно в тонкодисперсных полевых шпатах и, благодаря этому, величина отношения K_2O/Al_2O_3 составляет более 0,3 [8]. Значения КМ в разрезе отложений ур. Тихойнинсилти находятся ниже 0,3 единиц, что может свидетельствовать о многократно переотложенных осадках рассматриваемого разреза (рис. 7). Кроме того, КМ определяется интенсивностью процессов химического выветривания в области размыва. Низкие значения калиевого модуля характерны для континентальных осадков, тогда как в прибрежно-морских и пелагических отложениях его значение увеличивается [2]. Величина КМ в осадках ур. Тихойнинсилти находится на одном уровне значений, указывая на стабильную интенсивность процессов химического выветривания и незначительные колебания глубины бассейна седиментации (рис. 7).

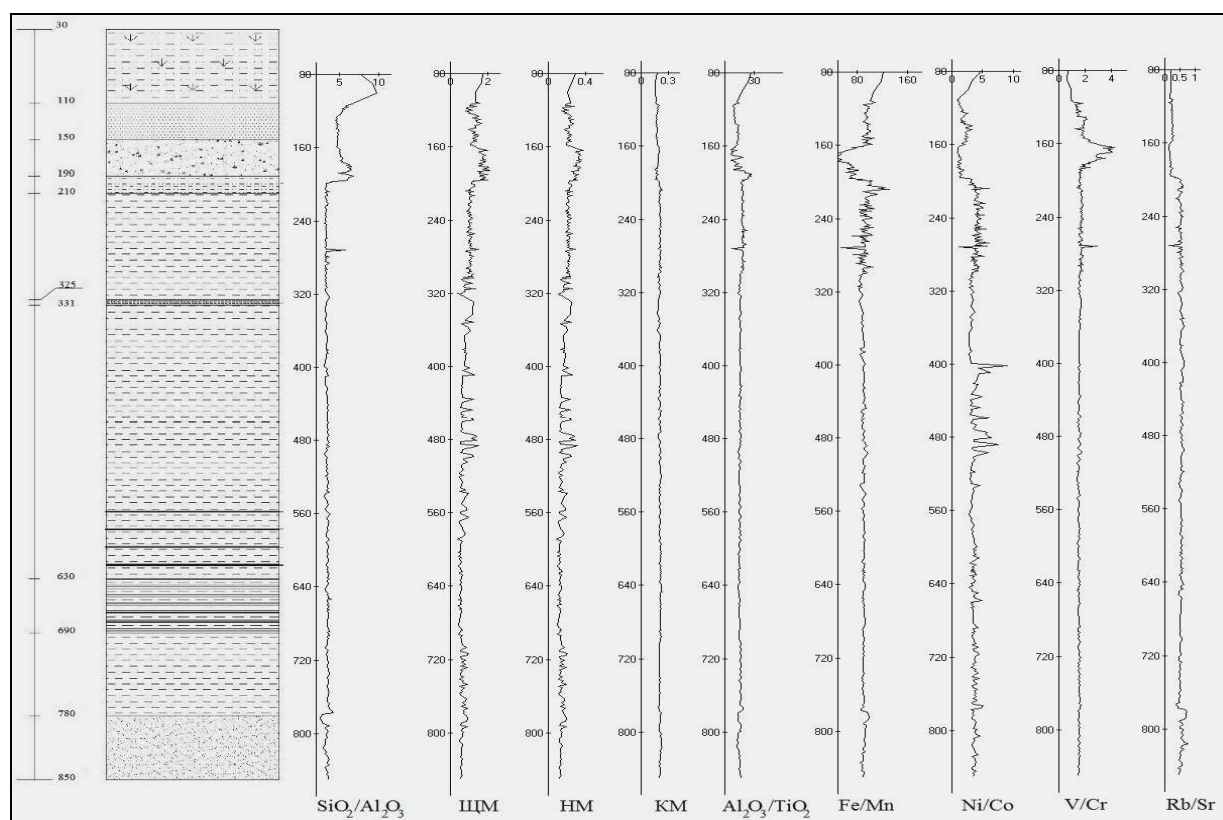


Рис. 7. Значения геохимических модулей в отложениях ур. Тихойнинсилти

Щелочной модуль ($ЩМ = Na_2O/K_2O$) наряду с натриевым модулем ($НМ = Na_2O/Al_2O_3$) характеризует интенсивность процессов химического выветривания в области размыва. Их величины уменьшаются в период усиления выветривания и увеличиваются в эпохи его ослабления [2]. Для отложений урочища Тихойнинсилти (рис. 7) значения данных модулей сходны и находятся примерно на одном уровне значений по всему разрезу, подтверждая выводы по калиевому модулю и индексу CIA о стабильности как климатических условий, так и интенсивности процессов выветривания.

Отношение Rb/Sr может быть использовано в качестве индикатора химического выветривания [15]. Уменьшение соотношения Rb/Sr характеризует ослабление процессов физического выветривания, вероятно, отражающее относительное похолодание, а увеличение характеризует усиление процессов физического и химического выветривания [6]. Распределение значений модуля по разрезу донных отложений урочища Тихойнинсилти отличается постоянством с незначительным уменьшением величин отношения в верхней части разреза, указывая на стабильность природных условий, определявших интенсивность процессов выветривания.

Окислительно-восстановительные условия реконструируются с помощью отношений Ni/Co и V/Cr [14]. Считается, что значения отношения Ni/Co < 5 указывают на формирование отложений в окислительных обстановках среды; Ni/Co = 5–7 в условиях с почти полным отсутствием кислорода; Ni/Co > 7 в бескислородных условиях. Окислительные условия в бассейне также предполагаются при значениях отношения V/Cr < 2, в то время как величины 2–4.25 и > 4.25 указывают на осадконакопление в условиях крайне низкого содержания кислорода и в бескислородных условиях соответственно. Изученная толща донных отложений характеризуется значениями отношения Ni/Co < 5, что указывает на седиментацию в окислительных условиях при хорошей аэрации придонных вод. Значения отношения V/Cr на протяжении почти всего разреза отличаются ярко выраженной стабильностью и находятся в пределах 1–2 единиц, что говорит об осадкообразовании в окислительных условиях. Таким образом, есть достаточные основания считать, что вся вскрытая толща донных осадков водоема аккумулировалась в хорошо аэрируемом бассейне.

Заключение

Выделены три этапа осадкообразования с различными литогеохимическими особенностями. На самом раннем выделенном этапе процессы седиментации происходили в то время, когда рассматриваемый нами участок острова Валаам был скрыт ладожскими водами. Для этого периода характерно накопление глинистых отложений с повышенным содержанием Al_2O_3 , K_2O , MgO, Cu, Fe, Cr, Ni, V, Rb. Следующий выделенный этап осадкообразования характеризуется накоплением супесчаных осадков в мелководных условиях с повышенным содержанием CaO, P_2O_5 , SiO_2 , TiO_2 , Ba, Sr, Zr. Третий выделенный этап седиментации происходит в условиях, когда исследуемая территория становится внутренним объектом о. Валаам, изолированным от ладожских вод. Концентрации элементов на данном этапе находятся на среднем уровне значений.

Метод геохимической индикации, основанный на изучении состава донных отложений, позволяет с высокой детальностью расчленять значительные по мощности толщи осадков, выделяя в них определенные этапы осадконакопления, соответствующие тем или иным событиям голоценовой истории. Данный метод показал свою самостоятельность на примере голоценовых донных осадков внутреннего водоема острова Валаам в северной части Ладожского озера, что было заключено из высокой степени корреляции между различными геохимическими индикаторами. Наблюдается отсутствие резких вариаций в распределении значений большинства геохимических модулей по разрезу, что указывает на

относительно стабильные палеоэкологические условия осадонакопления, такие как климатические особенности, степень минерализации бассейна, окислительно-восстановительные условия и др. Таким образом, главным фактором изменения геохимии донных отложений вскрытой толщи является изменение литологического состава осаждавшегося в бассейне седиментации материала, находящегося в прямой зависимости от гидродинамического режима водоема, что, в свою очередь, является следствием колебаний уровня Ладожского озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акульшина Е. П. Глинистое вещество и осадочный рудогенез. Новосибирск: Наука, 1985. 244 с.
2. Енгальчев С. Ю., Панова Е. Г. Геохимия и генезис песчаников восточной части главного девонского поля на северо-западе Русской плиты // Литосфера. 2011. № 5. С. 16–29.
3. Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие / И. В. Скляров и др. / Под ред. Е. В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
4. Колюн М. Н. Редкие и рассеянные элементы в отложениях позднего кембрия юга Сибирской платформы // Геохимические исследования осадочных пород для решения геологических задач: Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 295. Л., 1978. С. 29–39.
5. Марков В. Е. Палеогеоэкологические реконструкции природной среды Валаамского архипелага в среднем и позднем голоцене: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. 18 с.
6. Марков В. Е., Кочубей О. В., Нестеров Е. М., Дзюба О. Ф., Гильдин С. М. Опыт комплексного использования геохимического и палинологического методов исследования для детализации природных обстановок Валаамского архипелага в средне- и позднеголоценовое время // Геология, геоэкология, эволюционная география: Сборник научных трудов / Под ред. Е. М. Нестерова. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. С. 144–150.
7. Маслов А. В., Гареев Э. З., Крупенин М. Т. Осадочные последовательности рифея типовой местности (ретроспективный обзор седиментологических, палеогеографических, литолого-минералогических и петрогеохимических исследований). Уфа: ГП «Принт», 1998. 225 с.
8. Маслов А. В., Ишерская М. В. Рециклинг тонкого терригенного материала в процессе формирования осадочной мегапоследовательности рифея Камско-Бельского авлакогена // Литосфера. 2008. №5. С. 39–53.
9. Мигдисов А. А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // Геохимия. № 2. 1960. С. 149–164.
10. Морозова Р. М., Лазарева И. П. Почвы и почвенный покров Валаамского архипелага. Петрозаводск, 2002. 170 с.
11. Нестеров Е. М., Тимиргалеев А. И., Зарина Л. М. Диагностика городской среды через поведение тяжелых металлов в малых водотоках // Вестник МАНЭБ: Научно-технический журнал. 2008. Т. 13. № 2. С. 225–229.
12. Нестеров Е. М., Тимиргалеев А. И., Маслова Е. В. Оценка техногенного воздействия на городскую среду на основе изучения геохимии донных отложений // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион: Естественные науки. 2008. № 2. С. 96–99.
13. Панова Е. Г., Гавриленко В. В. Введение в геохимию осадочных пород. СПб., 2007. 36 с.
14. Подковыров В. Н., Гражданкин Д. В., Маслов А. В. Литогеохимия тонкозернистых обломочных пород венда южной части Вычегодского прогиба // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 5, сентябрь-октябрь. С. 484–504.
15. Chen J., An Z. S., Head J. Variation of Rb/Sr Ratios in the Loess-Paleosol Sequences of Central China during the Last 130,000 Years and Their Implications for Monsoon Paleoclimatology // Quaternary Research 51, 1999. 215–219.

REFERENCES

1. *Akul'shina E. P.* Glinistoe veshchestvo i osadochnyj rudogenez. Novosibirsk: Nauka, 1985. 244 s.
2. *Engalychev S. Ju., Panova E. G.* Geohimija i genezis peschanikov vostochnoj chasti glavnogo devon-skogo polja na severo-zapade Russkoj plity // *Litosfera*. 2011. № 5. S. 16–29.
3. Interpretatsija geohimicheskikh dannyh: Uchebnoe posobie / I. V. Skljarov i dr. / Pod red. E. V. Skljarova. M.: Internet Inzhiniring, 2001. 288 s.
4. *Koljun M. N.* Redkie i rassejannye jelementy v otlozhenijah pozdnego kembrija juga Sibirskoj plat-formy // *Geohimicheskie issledovanija osadochnyh porod dlja reshenija geologicheskikh zadach: Trudy VSEGEI: Novaja serija*. T. 295. L., 1978. S. 29–39.
5. *Markov V. E.* Paleogeojekologicheskie rekonstruktsii prirodnoj sredy Valaamskogo arhipelaga v sred-nem i pozdnem golotsene: Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. SPb.: RGPU im. A. I. Gertsena, 2012. 18 s.
6. *Markov V. E., Kochubej O. V., Nesterov E. M., Dzjuba O. F., Gil'din S. M.* Opyt kompleksnogo is-pol'zovanija geohimicheskogo i palinologicheskogo metodov issledovanija dlja detalizacii prirodnyh obstano-vok Valaamskogo arhipelaga v sredne- i pozdnegolotsenovoe vremja // *Geologija, geokologija, evoljucion-naja geografija: Sbornik nauchnyh trudov / Pod red. E. M. Nesterova*. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2011. S. 144–150.
7. *Maslov A. V., Gareev E. Z., Krupenin M. T.* Osadochnye posledovatel'nosti rifeja tipovoj mestnosti (retrospektivnyj obzor sedimentologicheskikh, paleogeograficheskikh, litologo-mineralogicheskikh i petro-geohimicheskikh issledovanij). Ufa: GP «Print», 1998. 225 s.
8. *Maslov A. V., Isherskaja M. V.* Retsikling tonkogo terrigenного материала v protsesse formirovanija osadochnoj megaposedovatel'nosti rifeja Kamsko-Bel'skogo avlakogena // *Litosfera*. 2008. №5. S. 39–53.
9. *Migdisov A. A.* O sootnoshenii titana i aljuminija v osadochnyh porodah // *Geohimija*. 1960. № 2. S. 149–164.
10. *Morozova R. M., Lazareva I. P.* Pochvy i pochvennyj pokrov Valaamskogo arhipelaga. Petro-zavodsk, 2002. 170 s.
11. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Zarina L. M.* Diagnostika gorodskoj sredy cherez povedenie tjaz-helyh metallov v malyh vodotokah // *Vestnik MANJEB: Nauchno-tehnicheskij zhurnal*. 2008. T. 13. № 2. S. 225–229.
12. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Maslova E. V.* Otsenka tehnogennogo vozdejstvija na gorodskuju sredu na osnove izuchenija geohimii donnyh otlozhenij // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region: Estestvennye nauki*. 2008. № 2. S. 96–99.
13. *Panova E. G., Gavrilenko V. V.* Vvedenie v geohimiju osadochnyh porod. SPb., 2007. 36 s.
14. *Podkovyrov V. N., Grazhdankin D. V., Maslov A. V.* Litogeohimija tonkozernistykh oblomochnykh porod venda juzhnoj chasti Vychegodskogo progiba // *Litologija i poleznye iskopaemye*. 2011. № 5, sentjabr' — oktjabr'. S. 484–504.
15. *Chen J., An Z. S., Head J.* Variation of Rb/Sr Ratios in the Loess-Paleosol Sequences of Central China during the Last 130,000 Years and Their Implications for Monsoon Paleoclimatology // *Quaternary Research* 51, 1999. 215–219.

Д. А. Нестеров, А. М. Максимова, Д. П. Финаров

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ КРАСНОГВАРДЕЙСКОГО РАЙОНА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

[Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития
РГПУ им. А. И. Герцена на 2012–2016 годы (мероприятие 2.3.1)].

Состояние почв имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния территории. Возможно прямое негативное воздействие загрязненных почв на здоровье населения. Именно поэтому большинство исследований городских территорий начинается с изучения почв. Почва является наиболее чувствительной к антропогенному воз-