

---

## ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

---

*V. E. Markov*

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА

*Работа посвящена решению актуальной геоэкологической проблемы: изучению геохимии донных отложений внутренних водоёмов Валаамского архипелага с целью реконструкции палеообстановок позднеголоценовой истории. Расшифровка и сопоставление палеогеографических и палеогеохимических условий осадконакопления произведена с использованием различных петро- и геохимических модулей, которые помогают более детально восстановить палеогеографические условия, существовавшие на рассматриваемой территории. В результате исследования получена новая информация о закономерностях эволюции системы озёр Валаама и выделены некоторые мультипликативные коэффициенты, отражающие общие тренды геохимической эволюции ландшафтов архипелага.*

**Ключевые слова:** геоэкология, голоцен, донные осадки, эволюция ландшафтов, геохимические модули, Валаамский архипелаг.

*V. Markov*

### GEO-ECOLOGICAL INVESTIGATION OF SEDIMENTS OF INLAND BASINS OF THE VALAAM ARCHIPELAGO

*This paper describes the geochemistry of sediments of inland basins of the Valaam Archipelago for the purpose of reconstructing the history of Holocene. To explain and compare the paleo-geochemical and paleogeographic conditions of sedimentation, various petro- and geochemical modules have been used that help to restore in detail the environmental conditions that existed at the examined area.*

*As a result, new information was obtained concerning the patterns of the evolution of Valaam's lakes, and some of the multiplicative coefficients were identified that reflect the general trends of the geochemical evolution of the landscapes of the Archipelago.*

**Key words:** ecologic, Holocene, sediments, evolution of the landscapes, geochemical modules, Valaam Archipelago.

Изучение Валаамского архипелага, как и всего северного Приладожья, началось с конца XVII в. и продолжается по сей день, но на многие вопросы исследователи пока не смогли найти окончательного ответа. До сих пор остаются открытыми вопросы об этапах формирования Ладожского озера, времени образования Невы и как следствие — образования Валаамского архипелага, появления человека на Валааме и дате основания Валаамского монастыря [10].

В настоящее время ввиду общего увеличения антропогенной нагрузки на Северо-Западный регион России все больше внимания уделяется экологической оценке состояния природы Валаама [7; 8; 9]. Проведенные исследования позволили установить доли трудноподвижных и миграционных форм тяжелых металлов в донных осадках бухт Валаамского архипелага, определить геохимическую специфику и характер влияния локальных источников загрязнения на почвы и донные отложения, находящиеся в непосредственной близости от них. Работы позволили оценить влияние глобальных циклов миграции химических элементов на уровень загрязнения почв острова, путем установления концентраций радиоцезия и других поллютантов, а также легких углеводородов в верхних почвенных горизонтах [6; 7].

Однако при всем разнообразии работ, посвященных Валааму, вопрос химического состава донных отложений внутренних водоемов, профильного и пространственного распределения элементов до конца не исследован. Проведенные геохимические работы большей частью посвящены изучению содержания химических элементов, связанных с загрязнением природных объектов, а не выявлению собственно геохимической специфике осадков. А имеющиеся на данный момент сведения о геохимии донных отложений фрагментарны и дают лишь общее представление о геохимической специфике осадков внутренних водоемов Валаамского архипелага [1; 8].

На архипелаге в течение полевых сезонов 2007–2009 гг. нами отобраны ненарушенные керны донных отложений ряда внутренних озер (Лещевое, Крестовое, Германово, Никоновское, Коневское), расположенных на различных гипсометрических уровнях. Кроме этого, было произведено опробование заболоченных территорий в районе Кукинского залива. Основой фактического материала явились две ненарушенные колонки осадков мощностью 8,5 и 3,5 м, из которых было отобрано свыше 1000 образцов (табл. 1).

Таблица 1

Объем фактического материала

Точка отбора керна	Мощность керна, м	Кол-во отобранных образцов
Никоновское озеро	5,5	570
Коневское озеро	3,1	320
Крестовое озеро	2,2	230
Лещевое озеро	2,1	220
Германово озеро	0,4	15
Южнее Кукинского залива	8,5	850
Юго-западнее Кукинского залива	3,5	360

Лабораторный этап работ включал в себя геохимическое исследование образцов отложений. Отобранные образцы донных отложений анализировались в лаборатории Геохимии окружающей среды имени А. Е. Ферсмана рентгенофлуоресцентным методом на приборе «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV». В качестве методической основы была взята методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв. Эта методика позволяет измерять такие элементы, как Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb, Rb, Y, Ba, La, V, а также оксиды: TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>. Донные осадки наиболее близки по составу к почвам. Они содержат большой процент органики, а содержание основных породообразующих элементов близко к таковым в почвах. Кроме этого, проведенные ранее исследования показали, что рентгенофлуо-

ресцентные методы исследования вещества с использованием адаптированной для донных осадков методики позволяют получить достоверные данные по химическому составу донных осадков [4].

Данные геохимического анализа представлены набором численных параметров, количественно отражающих распространенность и распределение химических элементов в рассматриваемых объектах. Очевидно, что это распределение отражает результаты сложного комплекса процессов, которые протекали в прошлом.

На рис. 1 представлены кривые изменения валового состава некоторых элементов в донных отложениях озера Лещевое. Кроме очевидной зависимости валового состава от литологического, в верхней части разреза наблюдается значительные накопления ряда элементов (Zn, Ni, Cu) при неизменном вещественном составе осадка, что может свидетельствовать об увеличившейся антропогенной нагрузке вследствие освоения архипелага человеком. Кроме этого, на уровне порядка 170 см наблюдается резкое снижение концентраций практически всех элементов на фоне увеличения содержания оксида фосфора, что свидетельствует об изменении условий осадконакопления и может служить хорошим маркером при сравнении одновозрастных отложений.

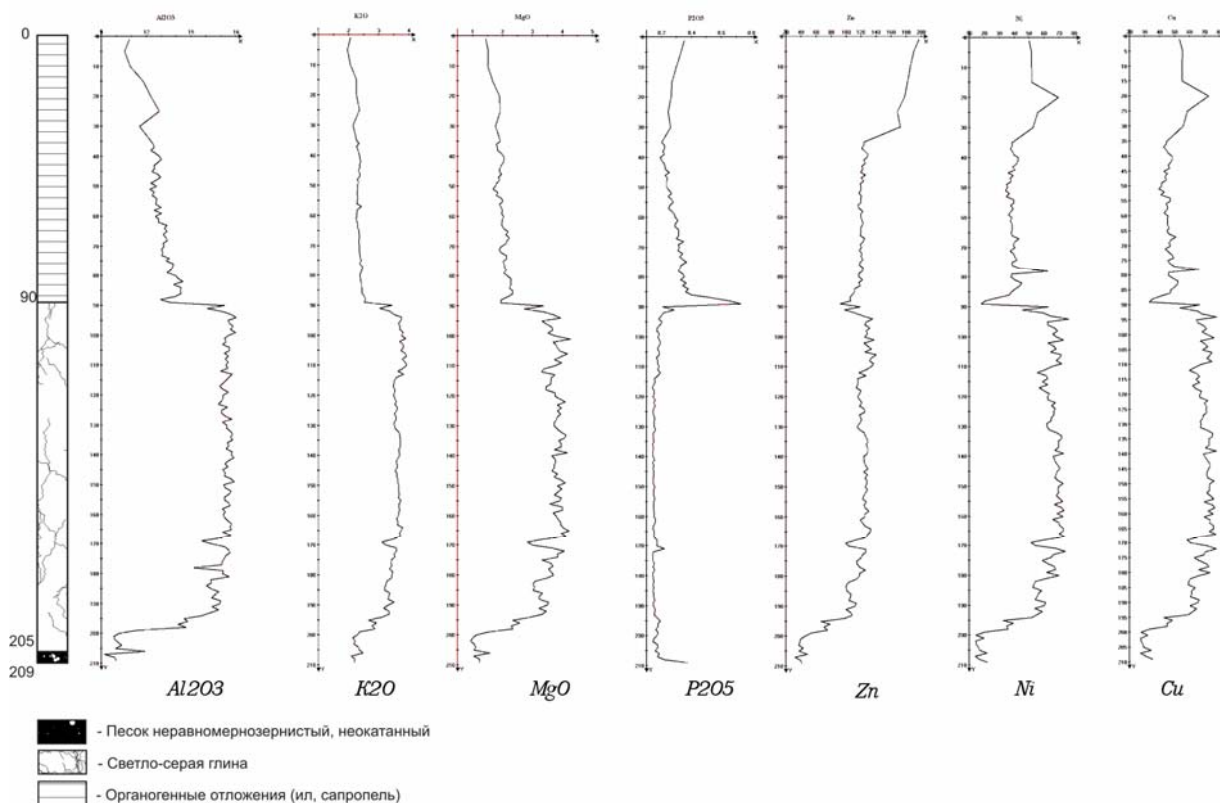


Рис. 1. Валовый состав донных осадков оз. Лещевое

Характер распределения концентраций элементов позволяет сделать определенные выводы, однако подобная информация обладает существенными недостатками, которые значительно затрудняют ее интерпретацию. Основные закономерности изменения характера связей между изученными элементами и типы образуемых ими ассоциаций дают более полную информацию. В основе данной методики лежит анализ сведений об изменении знака корреляционных связей между химическими элементами. Таким образом, это исследование

дование позволяет производить расчленение разреза и выявление геохимических маркирующих горизонтов. Использование петрохимических модулей и отношений элементов для восстановления палеоэкологических обстановок обосновано многими исследователями для различных территорий [2; 3; 5]. Наиболее ценными геохимическими индикаторами являются те, которые характеризуют геологическую и палеогеографическую обстановку отложений осадочных пород, их литофациальные особенности, минералогический и химический составы, а также индикаторы, которые значительно преобладают в той или иной осадочной породе и сохранились в ней без изменений при диагенезе.

Для характеристики изменения уровня воды в водоеме использовался показатель  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Соотношение  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  характеризует степень обогащенности отложений кремнеземом или глиноземом. Увеличение значений этого показателя связано с изменением фациальных особенностей осадконакопления и может быть связано с изменением уровня воды в бассейне. Для характеристики изменения антропогенной активности использовалось значение изменения фосфатов в отложениях по разрезу. Повышенные значения по сравнению с фоновым характеризуют периоды повышенной антропогенной активности (рис. 2).

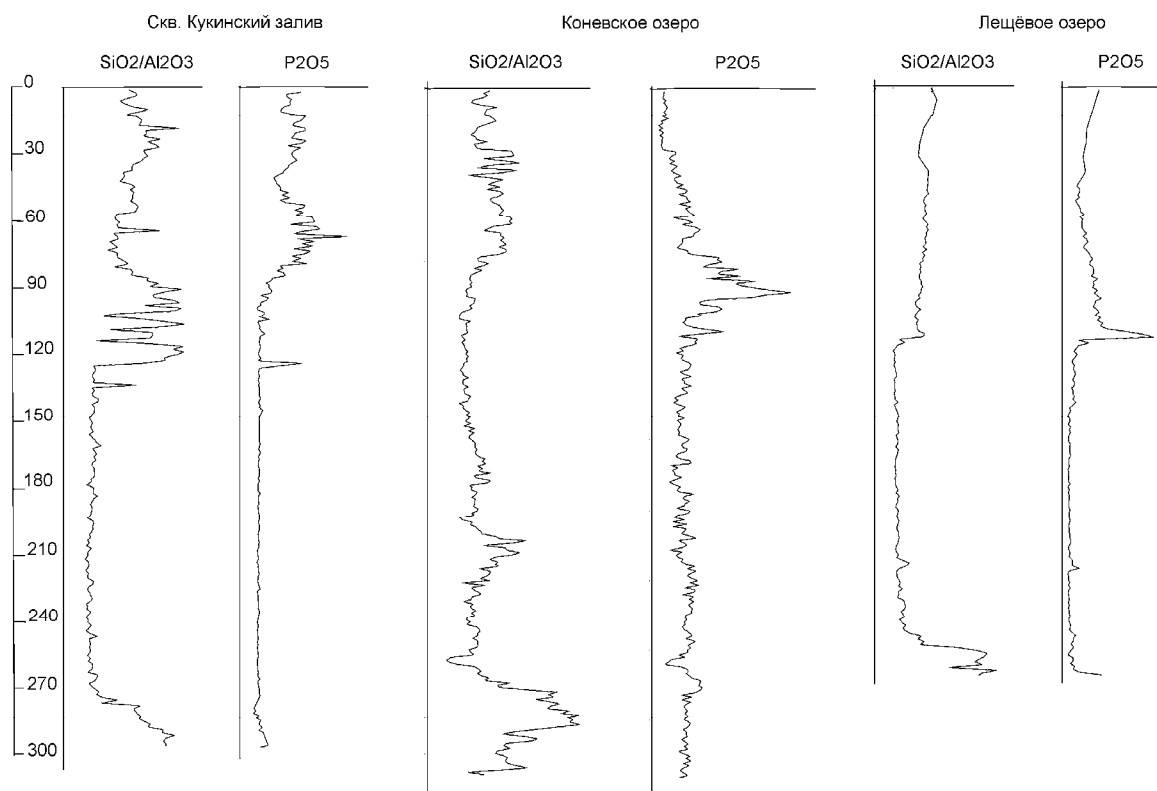


Рис. 2. Сравнительные характеристики условий осадконакопления изученных водоемов

Как видно из графиков, расположенные на различных гипсометрических уровнях водоемы имеют сходные черты изменения показателей по разрезу. Так, для всех водоемов можно выделить как минимум три этапа осадконакопления, при этом их смена всегда характеризуется резким изменением глубины бассейна седиментации. По-видимому, в нижней части разрезов фиксируется момент изоляции водоемов от Ладожского озера. Увеличение показателя в верхней части разреза связано, скорее всего, с изменением степени эвтро-

фикации водоемов и сменой окислительно-восстановительных условий. Увеличение индикатора антропогенной активности ( $P_2O_5$ ) фиксируется в верхней части всех разрезов и связано, по-видимому, с началом освоения архипелага человеком. Сходство условий осадконакопления для водоемов, расположенных на различных гипсометрических уровнях, свидетельствует о едином тренде голоценовой эволюции всего архипелага.

На основе детального изучения закономерностей распределения концентраций химических элементов и различных геохимических модулей в толще послеледниковых осадков были выявлены черты, характеризующие особенности формирования отложений в естественных геосистемах. Основными факторами эволюции аквальных ландшафтов Валаамского архипелага являются: а) понижение уровня Ладожского озера и как следствие — изоляция водоемов; б) прогрессирующее замедление темпов терригенной седиментации и возрастание роли сорбционных процессов; в) увеличение антропогенной нагрузки на ландшафты.

Как показали наши исследования, метод геохимической индикации, основанный на изучении состава донных отложений, позволяет с высокой детальностью расчленять литологически однородные толщи осадков, выделяя в них определенные этапы осадконакопления, соответствующие тем или иным событиям голоценовой истории Северо-Запада.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гавриленко В. В., Матинян Н. Н., Панова Е. Г.* Валаамский архипелаг. Геохимия горных пород, почв и донных осадков: Учебное пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2007. 83 с.
2. *Енгальчев С. Ю.* Применение петрохимических модулей при оценке зрелости девонских терригенных отложений на востоке Главного девонского поля // Геология и эволюционная география. СПб.: Эпиграф, 2004. С. 22–30.
3. *Лукашев В. К.* Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. Минск: Наука и техника, 1972. 320 с.
4. *Марков В. Е., Григорьев А. В., Геддес Е. В.* Оценка достоверности применения рентгенофлуоресцентного анализа изучения геохимии донных осадков с целью восстановления палеогеографических обстановок // География: проблемы науки и образования. LXIII Герценовские чтения: Материалы ежегодной Международной научно-практической конференции / Отв. ред. В. П. Соломин, Д. А. Субетто, Н. В. Ловелиус. СПб.: Полиграф-Ресурс, 2010. 718 с.
5. *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.
6. *Матинян Н. Н., Урусевская И. С.* Почвы острова Валаам. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 32 с.
7. *Морозова Р. М., Лазарева И. П.* Почвы и почвенный покров Валаамского архипелага. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. 170 с.
8. *Панова Е. Г., Болотова А. А.* Геохимическая оценка локальных загрязнений донных осадков бухт Валаамского архипелага // Геоэкология. 2000. № 1. С. 28–34.
9. *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.
10. Introduction of agriculture in Valamo, Russian Karelia: paleoecology of lake Nikkananlampi; Irmeli Vuorela and Matti Saarnisto, Geological Survey of Finland, FIN-02150 Espoo, Finland 1997.

#### REFERENCES

1. *Gavrilenko V. V., Matinjan N. N., Panova E. G.* Valaamskij arhipelag. Geohimija gornyh porod, pochv i donnyh osadkov: Uchebnoe posobie. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gercena, 2007. 83 s.
2. *Engalychev S. JU.* Primenenie petrohimijskih modulej pri ocenke zrelosti devonskih terrigennyh otlozhenij na vostoке Glavnogo devonskogo polja // Geologija i jevoljucionnaja geografija. SPb.: JEpigraf, 2004. S. 22–30.

3. *Lukashev V. K.* Geohimicheskie indikatory processov gipergeneza i osadkoobrazovanija. Minsk: Nauka i tehnika, 1972. 320 s.
4. *Markov V. E., Grigor'ev A. V., Geddes E. V.* Ocenka dostovernosti primenenija rentgenofluorescentnogo analiza izuchenija geohimii donnyh osadkov s cel'ju vosstanovlenija paleogeograficheskikh obstanovok // Geografija: problemy nauki i obrazovanija. LXIII Gercenovskie chtenija: Materialy ezhegodnoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / Otv. red. V. P. Solomin, D. A. Subetto, N. V. Lovelius. SPb.: Poligraf-Resurs, 2010. 718 s.
5. *Maslov A. V., Krupenin M. T., Gareev JE. Z.* Litologicheskie, litohimicheskie i geohimicheskie indikatory paleoklimata (na primere rifeja Juzhnogo Urala) // Litologija i poleznye iskopaemye. 2003. № 5. S. 502–526.
6. *Matinjan N. N., Urusevskaja I. S.* Pochvy ostrova Valaam. SPb: Izd-vo SPbGU, 1999. 32 s.
7. *Morozova R. M., Lazareva I. P.* Pochvy i pochvennyj pokrov Valaamskogo arhipelaga. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2002. 170 s.
8. *Panova E. G., Bolotova A. A.* Geohimicheskaja ocenka lokal'nyh zagrjaznenij donnyh osadkov buht Valaamskogo arhipelaga // Geojekologija. 2000 № 1. S. 28–34.
9. *Panova E. G., Gavrilenko V. V., Matinjan N. N., Sheshukova A. A.* Geohimicheskaja ocenka zagrjaznenij pochvennogo pokrova Valaamskogo arhipelaga // Geojekologija. 2002 № 6. S. 500–505.
10. Introduction of agriculture in Valamo, Russian Karelia: paleoecology of lake Nikkanlampi; Irmeli Vuorela and Matti Saarnisto, Geological Survey of Finland, F1N-02150 Espoo, Finland 1997.

*М. Ю. Никитин*

### О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОЛОЦЕНОВЫХ ПРЭСНОВОДНЫХ КАРБОНАТОВ К ОСОБЕННОСТЯМ СТРУКТУРНОГО ПЛАНА ИЖОРСКОГО ПЛАТО

*В статье приведены новые данные о географическом распространении в пределах Ижорского плато пресноводных карбонатных осадочных пород (пресноводные биохемогенные травертиноподобные карбонаты). Указаны их основные генетические типы. Впервые установлена непосредственная генетическая приуроченность таких вариантов отложений к определенным геологическим и геоморфологическим структурам. Приводится авторская гипотеза о происхождении пликативных дислокаций в северной части Ижорского плато.*

**Ключевые слова:** Ижорское плато, Балтийско-Ладожский глинт, пресноводные карбонаты, голоцен.

*М. Nikitin*

### GENETIC AFFILIATION OF THE HOLOCENE FRESHWATER CARBONATE DEPOSITS WITH THE PECULIAR PROPERTIES OF THE STRUCTURE OF THE IZHORA PLATEAU

New data concerning the geographical expansion of the freshwater carbonate sedimentary stratum (the freshwater biochemogenic travertine-like carbonates) within the bounds of the Izhora Plateau are reported. The main types of the stratum are described. It is for the first time that the direct genetic affiliation of such sediments with the well-defined geological and geomorphological structures is identified. A new hypothesis of the origin of the plicated dislocations in the northern part of the Izhora Plateau is put forward.

**Key words:** Izhora Plateau, freshwater carbonates, Baltic-Ladoga klint.