



## Геохимические особенности почвенного покрова острова Валаам

Е. Г. Панова, А. А. Шешукова, К. А. Бахматова, Г. А. Русаков, С. Н. Чуков

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

e.panova@spbu.ru, a.sheshukova@spbu.ru, k.bahmatova@spbu.ru, st098988@student.spbu.ru, s\_chukov@mail.ru

Объектами исследования являются породы и почвы Валаамского архипелага. Архипелаг сложен магматическими породами основного состава, в понижениях перекрытыми осадочными породами, что обусловило уникальное разнообразие природных комплексов на его территории. При слабом техногенном загрязнении изучение химического состава почв Валаама становится особенно актуальным, позволяя проследить связь между геохимическим составом верхних почвенных горизонтов и пород. Методом рентгеноспектрального анализа были проанализированы 141 пробы верхних горизонтов почв (0–10 см) и столько же проб почвообразующих пород, отобранных по площади острова, а также определен геохимический состав основных типов почв по горизонтам профиля. Сформирована база данных, в которую для каждого образца внесены сведения о составе почвообразующей породы, типе почвы, характере рельефа и типе землепользования. Геохимические данные обработаны с помощью пакета программ Statistica-5 и метода главных компонент. Установлено, что тип почвообразующих пород является одним из главных факторов, определяющих геохимический облик верхнего почвенного горизонта. По ассоциациям элементов почвы разделились на 4 группы: сформированные на габбро-диабазах, монцонитах, озерно-ледниковых глинах и песках. Выявлены ассоциации элементов, наследуемые почвой от коренных пород, зависящие от рельефа и характерные для различных типов почв.

**Ключевые слова:** Валаамский силл, габбро-диабазы, монцониты, железисто-метаморфические почвы, геохимия почв

## Geochemical features of soils of Valaam Island

Е. Г. Панова, А. А. Шешукова, К. А. Бахматова, Г. А. Русаков, С. Н. Чуков

St. Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

The objects of the study are rocks and soils of the Valaam Archipelago. The archipelago is composed of igneous rocks of basic composition and Quaternary sediments, which caused the unique diversity of natural complexes on its territory. Due to a very weak expression of technogenic pollution, the study of the chemical composition of Valaam soils becomes especially relevant, as it allows tracing the connection between the geochemical composition of the upper soil horizons and rocks. The composition of the upper horizon (0–10 cm, 141 samples) and 141 samples of parent materials was analyzed by X-ray spectral analysis. Additionally, the geochemical composition of the main soil types was analyzed by genetic horizons of the profile. A database of the chemical composition of soils on Valaam Island was made. Information on the composition of the soil-forming rock, soil type, relief character and agricultural use was included for each sample. The data were processed using Statistica-5. We found that the type of parent material was one of the main factors determining the geochemical properties of the upper soil horizon. According to the associations of chemical elements, the island soils were divided into 4 groups: formed on gabbro-diabases, monzonites, lake-glacial clays and sands. Associations of chemical elements inherited by soil from bedrock, depending on relief and characteristic for different types of soils, were revealed.

**Keywords:** Valaam sill, gabbro-diabases, monzonites, ferruginous-metamorphic soils, soil geochemistry

### Введение

Валаамский архипелаг расположен в северо-западной части крупнейшего внутреннеоконтинентального водоема Европы — Ладожского озера, в 40 км от его северного берега. Площадь самого большого острова архипелага — Валаама — около 36 км<sup>2</sup>. Валаамские скалы поднимаются над водой на высоту до 50 м, а подводная часть острова опускается на глубину до 200 м.

Природные условия Валаама — мягкость климата, разнообразие форм рельефа и растительности, широкий спектр почвообразующих пород — обусловили разнообразие естественных почв. Удаленность острова от береговой линии и отсутствие на нем промышленных предприятий способствовали развитию и сохранению на этой территории природного разнообразия. Стремление исследователей объяснить уникальность

ландшафтов нашло отражение в некоторых публикациях по геохимическим характеристикам почв Валаама (Морозова, Лазарева, 2002; Панова и др., 2007; Шильцова и др., 2008; Степанова и др., 2016). При этом было установлено, что влияние на почвенный покров локальных источников загрязнения — поселковой свалки, дизельной станции и дорог с автомобильным движением — имеет ограниченный характер (Панова и др., 2002; Степанова и др., 2016).

Поскольку почвообразующие породы острова представлены контрастными по составу образованиями, то эта территория является удобным объектом для выявления количественных зависимостей между химическим составом верхнего горизонта почв и пород, на которых они формируются. Выявление таких зависимостей на незагрязненной территории дает возмож-

**Для цитирования:** Панова Е. Г., Шешукова А. А., Бахматова К. А., Русаков Г. А., Чуков С. Н. Геохимические особенности почвенного покрова острова Валаам // Вестник геонаук. 2025. 2(362). С. 27–33. DOI: 10.19110/geom.2025.2.3

**For citation:** Panova E. G., Sheshukova A. A., Bakhmatova K. A., Rusakov G. A., Chukov S. N. Geochemical features of soils of Valaam Island. *Vestnik of Geosciences*, 2025, 2(362), pp. 27–33. DOI: 10.19110/geom.2025.2.3



ность получить данные о фоновом содержании химических элементов в почвах и заложить основу для эколого-геохимического мониторинга.

## Объекты и методы исследования

**Почвообразующие породы.** По данным ряда авторов (Свириденко, Светов, 2008; Свириденко, 2019), острова Валаамского архипелага являются центром Валаамско-Салминской островной дуги. Коренные породы слагают многочисленные гряды острова; обширные обнажения коренных пород приурочены к северным, западным и южным берегам Валаама. Среди наиболее распространенных пород, слагающих интрузию (Валаамский силл), выделены две разновидности, связанные постепенными переходами: габбро-диабазы и монцониты. Проведенные исследования и сравнение полученных результатов с данными других авторов позволили установить, что все разновидности пород Валаамского силла образовались в результате внутрикамерной дифференциации, *in situ*. Возраст габбро-диабазов Валаамского силла составляет  $1325 \pm 52$  млн лет, а возраст монцонитов —  $1458 \pm 3$  млн лет. Габбро-диабазы — породы основного состава, имеющие крупно- и равномерно-зернистую габбро-офильтовую структуру. Окраска в свежем сколе — буро-коричневая. Породы сложены преимущественно основным плагиоклазом ряда «лабрадор — андезин» и пироксеном. Из акцессорных минералов отмечены биотит, роговая обманка, оливин, апатит, ильменит, магнетит и титаномагнетит.

Монцониты образуют неправильной формы тела, постепенно переходящие в нормальные габбро-диабазы. Они имеют красно-коричневый цвет (интенсивность красного цвета усиливается при выветривании) и несут признаки метасоматического происхождения. Главная особенность этих пород — преобладание калиевого шпата над плагиоклазом и грубозернистое строение. Структура породы — габбро-офильтовая с интерстициональными гранофировыми или микропегматитовыми выделениями. В породе присутствует кварц (до 5 об. %), альбит, калиевый полевой шпат, наблюдается калишпатизация плагиоклаза, хлоритизация пироксена и появляются выделения сульфидов. В результате процессов выветривания магматических пород наблюдается их ожелезнение и развитие глинистых минералов между минеральными зернами.

Элювий магматических пород представляет собой сильнохрящеватую массу с небольшой примесью частиц  $< 1$  мм. На вершинах гряд элювий образует мало мощные покровы на коренных породах и представлен дресвой, щебнем и обломками скальных пород. На террасированных склонах и подножьях гряд формируется элюво-делювий мощностью до 100 см, который по сравнению с элювием содержит большее количество мелкозема, пылеватых и иллистых частиц.

Осадочные почвообразующие породы располагаются в пониженных элементах рельефа (нижних частях склонов, ложбинах, впадинах между грядами). Наиболее распространены по площади острова озерно-ледниковые ленточные глины и пески. По минеральному составу пески состоят из кварца (50–80 %), калиевого полевого шпата (10–20 %), мусковита (10 %), плагиоклаза, сфена, роговой обманки, эпидота, в тон-

ких фракциях встречаются гидрослюды. Минеральный состав ленточных глин (пылеватой фракции) представлен кварцем (40–50 %), полевым шпатом (5 %), мусковитом (30–40 %). Илистая фракция ленточных глин состоит на 65 % из каолинита и на 25 % из гидрослюды, хлорита (5 %) и монтмориллонита (5 %).

**Почвы и почвенный покров.** В данной статье мы опираемся на собственные исследования почв Валаамского архипелага, а также работы, выполненные ранее другими учеными (Седов и др., 1992; Беркгаут и др., 1993; Матинян, Урусевская, 1999; Морозова, Лазарева, 2002). В соответствии с принятыми ранее классификационными подходами почвы Валаама рассматривались как подбуры и буровоземы. Согласно «Классификации и диагностике почв России» (Шишов и др., 2004), почвы, преобладающие на вершинах и в верхней части склонов скальных гряд, — петроземы (слаборазвитые почвы на скальных выходах с мощностью мелкозема на поверхности менее 5 см), а также органоржавоземы. Последние относятся к отделу железисто-метаморфических почв. Диагностическим для них является срединный железисто-метаморфический горизонт (ВМ), характеризующийся пленками выветривания на поверхности щебня и минеральных зерен. Оксиды и гидроксиды железа также пропитывают мелкоземистую массу горизонта, способствуя формированию непрочно-комковатой структуры.

В нижней части склона органоржавоземы сочетаются с органоржавоземами грубогумусированными. Особенностью последних является наличие под подстилкой (О) маломощного (2–5 см) грубогумусового горизонта (Оа). Горизонт Оао представляет собой гумифицированную массу темно-серого цвета с включениями дресвы магматических пород, с частично сохранившимися фрагментами растительных остатков, густо пронизанную грибными гифами. Те и другие почвы формируются на элюво-делювии магматических пород в условиях хорошего дренажа. Различия между почвами проявляются на очень коротком расстоянии (до 1–2 м) и обусловлены неровностями подстилающей скальной поверхности, а также варьированием содержания фракции физической глины в почвенном профиле.

Межгрядовые понижения заняты преимущественно четвертичными породами, почвы здесь подвержены избыточному увлажнению, поэтому еще в XIX в. были осушены при создании культурных сенокосов и пастбищ (осушительная система в последние годы реконструирована). Более дренированные участки понижений заняты дерново-подзолами и постагрогенными агроземами альфегумусовыми на озерно-ледниковых песках. На ровных участках оккультуренных осущенных лугов, сложенных ленточными глинами с низкой водопроницаемостью, развиты агрогумусово-глеевые почвы (Елсукова, 1997; Панова и др., 2002; Урусевская, Матинян, 2014). Эти почвы характеризуются гумусовым горизонтом с признаками сельскохозяйственной обработки (резко выраженная ровная нижняя граница) и залегающим под ним глеевым горизонтом (Г), переходящим в оглеенную почвообразующую породу. На неосвоенных участках понижений, по краям болот, распространены торфяно-глеевые, верхний горизонт которых представлен торфом мощностью 20–50 см.



Материалом для исследования послужили пробы (141 шт.) верхнего (органогенного/органоминерального) горизонта, отобранные на удалении от монастыря и локальных источников загрязнения, и 141 проба почвообразующих пород. Для исследований был взят горизонт АY в агрогумусово-глеевых почвах, в органоржавоземах — горизонт ВН, в органоржавоземах грубогумусированных — подгоризонт ао, в торфяно-глеевоземах — горизонт Т. Дополнительно были отобраны пробы основных типов почв (агрогумусово-глеевая, торфяно-глеевозем, органоржавозем и органоржавозем грубогумусированный) по генетическим горизонтам профиля.

Содержания химических элементов в почвах определены методом рентгеноспектрального анализа (поронообразующие оксиды и 22 химических элемента) и пересчитаны на прокаленную навеску. Химические анализы выполнялись по стандартным методикам с использованием эталонов для пород и почв. Содержания главных поронообразующих элементов проанализированы рентгенофлюоресцентным методом на спектрометре ARL-9800 (Thermo Fisher Scientific (Ecublens) SARL). Двухвалентное железо определено химическим методом согласно ГОСТ 27395-87, анализ вытяжек проведен на спектрофотометре, с ортофенантролином в качестве индикатора. Содержания микроэлементов

анализировали на спектрометре Agilent-7700. Была сформирована база данных химического состава почв о. Валаам, в которую для каждой пробы внесены сведения о составе почвообразующей породы, типе почвы, характере рельефа и типе землепользования. Геохимические данные обработаны с помощью пакета программ Statistica-5 и метода главных компонент факторного анализа. Средние арифметические значения для каждого элемента вычислялись с учетом закона распределения (нормального или логнормального) и антилогарифма среднего.

## Результаты и их обсуждение

Состав основных разновидностей пород Валаамского синклинала приведен в табл. 1.

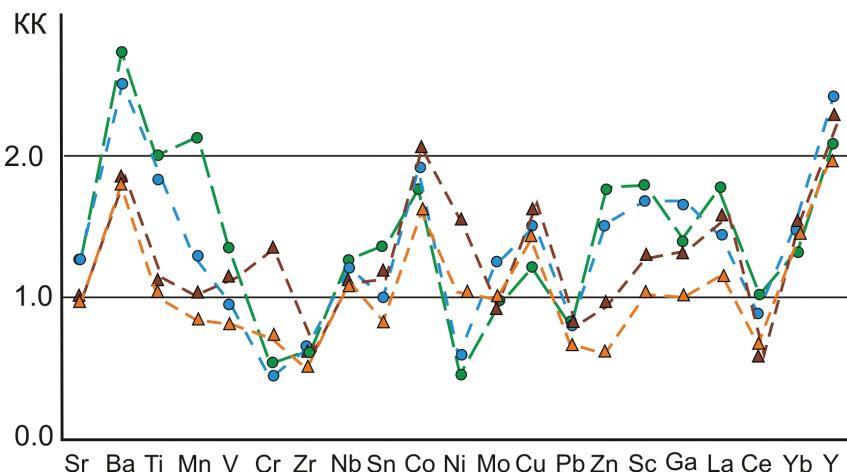
Согласно указанным выше данным, габбро-диабазы обогащены  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $CaO$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$ , а также  $Zn$ ,  $V$ ,  $Sr$ . В монцонитах относительно габбро-диабазов повышенено содержание  $SiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $Ba$ ,  $Rb$ ,  $Zr$ ,  $La$ ,  $Pb$ . В целом магматические породы Валаамского синклинала обогащены по сравнению с кларками пород  $P$ ,  $Fe$ ,  $Mn$  и  $Ti$ . Среди элементов-примесей в рассматриваемых породах обнаружены повышенные содержания  $V$ ,  $La$ ,  $Ba$ ,  $Mo$ ,  $Zn$ , что превышает кларковые значения в 2–6 раз. В составе песков и глин повышенены со-

**Таблица 1.** Среднее содержание петрогенных оксидов (мас. %) и микроэлементов (мг/кг) в почвообразующих породах Валаамского архипелага

**Table 1.** Average content of petrogenic oxides (wt. %) and trace elements (mg/kg) in soil-forming rocks of the Valaam Archipelago

Оксиды/ элементы Oxides/ elements	Порог обнаружения Detection limit	Габбро-диабаз Gabbro-diabase (n = 44)	Монцонит Monzonite (n = 53)	Глина Clay (n = 23)	Песок Sand (n = 21)	Кларк в земной коре (Скляров и др., 2001) Clarke in the Earth's crust (Sklyarov et al., 2001)
$SiO_2$	0.1	50.2	56.4	60.2	81.4	59.90
$TiO_2$	0.03	3.2	1.9	0.66	0.83	0.88
$Al_2O_3$	0.1	13.2	13.4	19.3	8.9	15.25
$Fe_2O_3$	0.1	10.2	7.7	5.5	1.9	7.48*
$FeO$	0.2	7.6	5.9	1.1	1.0	—
$MnO$	0.03	1.2	1.2	0.04	0.04	0.12
$MgO$	0.1	3.3	2.5	0.77	0.50	3.75
$CaO$	0.03	6.5	4.0	1.9	1.8	5.33
$Na_2O$	0.2	3.4	3.9	0.71	2.1	3.21
$K_2O$	0.03	2.2	3.2	2.0	2.0	2.57
$P_2O_5$	0.05	1.4	0.7	0.22	0.13	0.23
$Sr$	50	541	463	220	267	370
$Ba$	5	1616	1756	720	733	470
$Rb$	5	36	52	76	33	110
$V$	10	106	37	88	35	12
$Cr$	10	19	18	88	28	93
$Zr$	5	215	286	178	160	160
$Nb$	5	20	26	10	9	21
$Co$	10	25	15	16	4	23
$Ni$	5	11	7.4	41	13	70
$Mo$	10	4.4	4.9	2.3	1.3	1.2
$Cu$	10	20	14	34	17	53
$Pb$	2	10	17	21	15	13
$Zn$	2	294	220	66	23	68
$Sc$	10	26	24	9	4	17
$La$	5	58	66	46	26	30
$Y$	5	41	46	20	11	32
$Yb$	2	3.3	4.1	2.9	2.2	3.1

*Примечание:* кларк железа в источнике приведен для суммарного содержания двух форм железа (II, III).  
*Note:* the iron clark in the source is given for total iron content.



**Рис. 1.** Коэффициенты концентрации химических элементов в поверхностном горизонте почв о. Валаам (нормировано на Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Почвы, сформированные: —●— на габбро-диабазах, —●— монzonитах, —▲— глинах, —▲— песках

**Fig. 1.** Concentration coefficients of chemical elements in the surface horizon of soils of Valaam island (normalized to Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Soils formed on: —●— gabbro-diabases, —●— monzonites, —▲— clays, —▲— sands

держания V и Ba, что определяется влиянием коренных пород острова. Специфический для Северо-Запада России геохимический состав почвообразующих пород Валаамского архипелага наследуется почвами, на них сформированными.

В табл. 2 представлены средние значения для макроэлементного состава поверхностных горизонтов почв о. Валаам, которые показывают, что почвы на маг-

матических породах обогащены Ba, Ti, Mn, Zn, а почвы на осадочных породах содержат больше Ni, Cr, Cu.

Для сравнительного анализа содержаний элементов в верхних почвенных горизонтах были рассчитаны коэффициенты концентраций (КК) относительно их среднего содержания в почвах мира (рис. 1).

В целом поверхностные горизонты почв о. Валаам обогащены Ba, Y, Yb, La, Zn, Co, Cu; содержания Cr, Zr,

**Таблица 2.** Среднее содержание химических элементов в поверхностных горизонтах почв о. Валаам на различных почвообразующих породах, мг/кг

**Table 2.** Average contents of chemical elements in surface horizons of soils on Valaam Island on different soil-forming rocks. Valaam Island on different soil-forming rocks, mg/kg

Элементы Elements	Содержание (мг/кг) в почвах, сформированных:				Среднее по почвам мира* Average for soils of the World*	Медиана, пахотный горизонт почв Северо-Запада** Median, arable soil horizon of the North-West**
	на габбро-диабазах gabbro-diabases (n = 44)	монzonитах monzonites (n = 53)	глинах clays (n = 23)	песках sands (n = 21)		
Sr	187	189	142	140	147	119
Ba	978	896	656	645	362	не опр.
Ti	7027	6438	3932	3570	3500	не опр.
Mn	879	540	421	361	418	472
V	81	57	68	48	60	34
Cr	22	18	56	31	42	30
Zr	188	192	200	154	300	не опр.
Nb	15	15	13	14	12	не опр.
Sn	3.4	2.5	2.8	2.1	2.5	1.0
Co	12.2	13.3	14.0	11.0	6.9	5.8
Ni	8	10	27	19	18	10
Mo	1.4	1.9	1.4	1.5	1.5	0.6
Cu	17	21	23	20	14	9
Pb	20	18	19	17	25	16
Zn	109	94	57	39	62	48
Sc	16.9	15.8	11.6	9.5	9.5	не опр.
Ga	17	20	16	12	12	не опр.
La	46	37	41	30	26	не опр.
Ce	49	44	30	33	49	не опр.
Yb	2.8	3.1	3.2	2.8	2.1	не опр.
Y	25	29	27	24	12	не опр.

\*Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007

\*\* Матинян и др., 2007 (Matinyan et al., 2007)



Се, Ni, Pb — ниже средних по миру. Для выявления факторов распределения химических элементов в почвах о. Валаам база данных была обработана с помощью методов корреляционного и факторного анализов.

По результатам факторного анализа выявились три фактора. Первый фактор —  $F_{I=28\%} = \text{Ti}_{81} \text{Fe}_{72} \text{Mn}_{69} \text{V}_{66} \text{Sc}_{60} \text{Co}_{55}$  — интерпретируется как фактор почвообразующей породы, так как его распределение по площади острова совпадает с зонами распространения основных типов пород острова (габбро-диабазами, монцонитами, песками и глинами) и картами площадного распределения титана, железа и марганца (рис. 2).

Второй фактор —  $F_{II=22\%} = \text{Sr}_{88} \text{Zr}_{65}$  — интерпретируется как фактор рельефа. Различия наблюдаются для групп «вершина — склон» и «равнина — низина». При этом вершинные формы рельефа связаны с интрузивными образованиями, а низины и понижения рельефа — с четвертичными образованиями.

Третий фактор определяется типом почвы.

$$F_{III=13\%} = \frac{\text{Ni}_{92} \text{Cr}_{91} \text{Cu}_{58}}{\text{Ti}_{87} \text{Ba}_{77} \text{Mn}_{70} \text{Zn}_{65}}$$

Тип почвы зависит от рельефа и растительности. На диаграмме значения факторов выделены два поля, характерные для почв: торфяно-глеевое + агрогумусово-глеевая почва и органоржавозем + органоржавозем грубогумусированный (рис. 3). Почвы первой группы, сформированные на четвертичных отложениях, обогащены Ni, Cr, Cu, а почвы второй группы, сформированные на продуктах выветривания магматических пород, — Ti, Ba, Mn, Zn.

Сравнение профильного распределения петрогенных оксидов в органоржавоземе на элювии монцонита, агрогумусово-глеевой постагрогеной почве на лен-

точных глинах и в агрогумусовом глееватом на озерно-ледниковых песках показало, что макроэлементный состав почв наследуется от почвообразующих пород. Особенно ярко различия проявляются по содержанию железа. Почвы на глинах содержат 5–6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а почвы на песках — 1.5–3.5 % (соответственно средняя и умеренно низкая ожелезненность, по Ю. Н. Водяницкому (1992)). В почвах на элювии магматических пород содержание оксида железа достигает 11–13 %, что соответствует высокой ожелезненности.

## Выводы

1. Геохимический облик верхнего горизонта почв Валаамского архипелага обладает яркой спецификой. Относительно приводимых в литературе данных для почв мира и Северо-Запада России поверхностные горизонты почв архипелага обогащены Ba, Y, Yb, La, Zn, Co, Cu; содержания Cr, Zr, Ce, Ni, Pb — ниже среднемировых значений.

2. Геохимические особенности почв находятся в прямой зависимости от состава почвообразующих пород. По ассоциациям химических элементов почвы разделились на 4 группы: сформированные на габбро-диабазах, монцонитах, озерно-ледниковых глинах и песках. Почвы, сформированные на продуктах выветривания магматических пород, наследуют в своем геохимическом составе повышенные содержания Ti, Ba, Mn, Zn, а почвы, сформированные на четвертичных отложениях, обогащены Ni, Cr, Cu.

3. В условиях Валаамского архипелага тип почвообразующей породы является ведущим фактором дифференциации почвенного покрова и контролирует геохимические различия между типами почв, превосходя

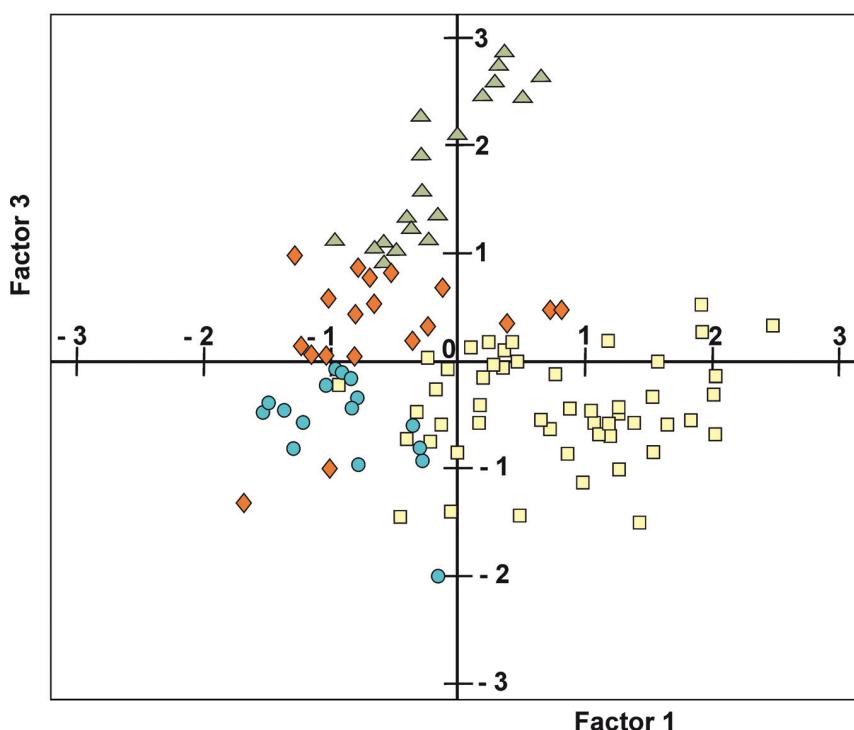
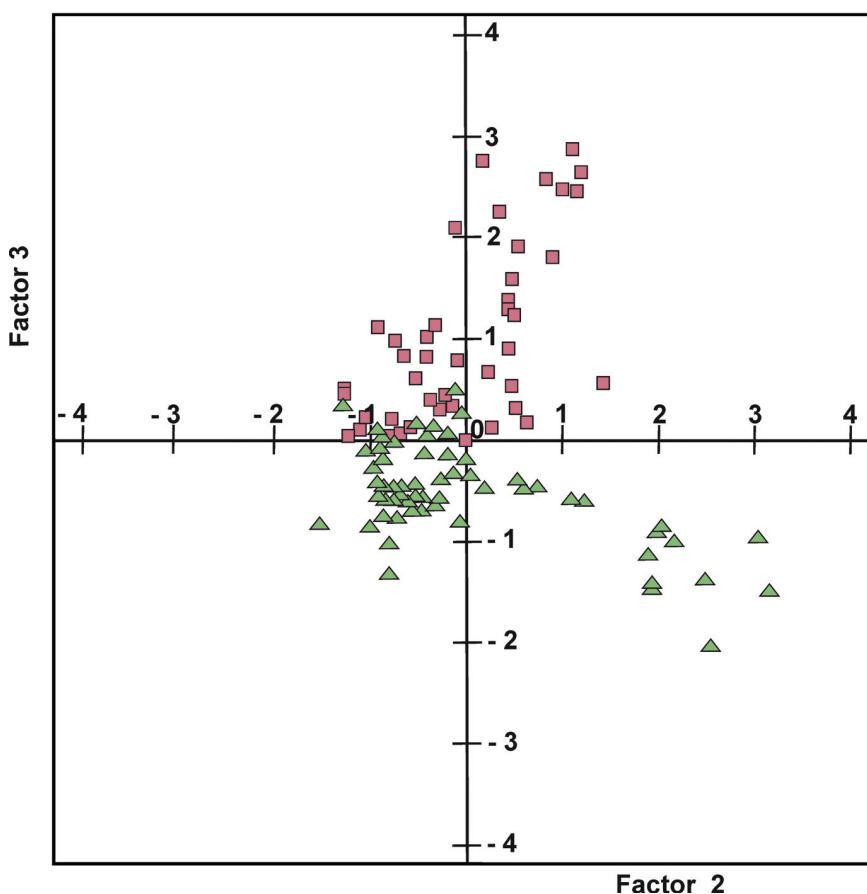


Рис. 2. Диаграмма значений 1-го и 3-го факторов ( $n = 141$ ,  $r_{kp} = 25.4$ ;  $p = 0.01$ ).

Обозначения почвообразующих пород: квадрат — габбро-диабаз, круг — монцонит, ромб — песок, треугольник — глина

Fig. 2. Diagram of values of factors 1 and 3 ( $n = 141$ ,  $r_{kp} = 25.4$ ;  $p = 0.01$ ).

Designations of soil-forming rocks: square — gabbro-diabase, circle — monzonite, rhombus — sand, triangle — clay



**Рис. 3.** Диаграмма значений 2-го и 3-го факторов ( $n = 141$ ,  $r_{kp} = 25.4$ ;  $p = 0.01$ ).

Обозначения почв: треугольник — ржавоземы грубогумусовые и органоржавоземы, сформированные на элювии и элювий-делювии магматических пород; квадрат — торфяно-глеевые почвы и агрогумусово-глеевые почвы, сформированные на осадочных почвообразующих породах

**Fig. 3.** Diagram of the values of factors 2 and 3 ( $n = 141$ ,  $r_{kp} = 25.4$ ;  $p = 0.01$ ).

Soil designations: triangle — raw humus rusty soils and organic rusty soils formed on eluvium and eluvium-deluvium of igneous rocks; square — peat-gley soils and agro-humus-gley soils formed on sedimentary parent rocks

дя в этом отношении роль рельефа. Растительность и характер землепользования находятся в прямой зависимости от типа почвообразующих пород.

Все перечисленные особенности необходимо учитывать при эколого-геохимической оценке почв о. Валаам.

### Литература / References

- Berkglaut B. B., Sedov C. N., Grakina E. R., Vostokova T. A. Почвообразование и выветривание на основных породах острова Валаам // Вестник МГУ. Сер. 17, почвоведение. 1993. № 1. С. 3—15.
- Berkglaut V. V., Sedov S. N., Grakina E. R., Vostokova T. A. Soil formation and weathering on the basic rocks of Valaam Island. Vestnik of MSU. Ser. 17, Soil Science, 1993, No. 1, pp. 3—15. (in Russian)
- Водяницкий Ю. Н. Образование оксидов железа в почве. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1992. 275 с.
- Vodyanitsky Y. N. Formation of iron oxides in soil. Moscow: V. Dokuchaev Soil Institute, 1992, 275 p. (in Russian)
- ГОСТ 27395-87. Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной.

GOST 27395-87. Soils. Method for determination of mobile compounds of divalent and trivalent iron according to Verigina-Arinushkina. (in Russian)

Елсукова Е. Ю. Микроэлементы в почвах сельскохозяйственных угодий о-ва Валаам // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 1997. № 3. С. 132—137.

Elsukova E. Yu. Microelements in soils of agricultural lands of Valaam Island. Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. Geology. Geography, 1997, No. 3, pp. 132—137. (in Russian)

Матинян Н. Н., Урусовская И. С. Почвы острова Валам. СПб.: СПбГУ, 1999. 31 с.

Matinian N. N., Urusevskaya I. S. Soils of Valam Island. St. Petersburg: SPbSU Publishing House, 1999, 31 p. (in Russian)

Матинян Н. Н., Рейманн К., Бахматова К. А., Русаков А. В. Фоновое содержание тяжелых металлов и мышьяка в пахотных почвах Северо-Запада России // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 3. Биология. 2007. Вып. 3. С. 123—134.

Matinian N. N., Reimann C., Bakhmatova K. A., Rusakov A. V. The background concentrations of heavy metals and As in arable soils of the Baltic regions. Bulletin of St. Petersburg University. Ser. 3, Biology, 2007, No. 3, pp. 123—134. (in Russian)



- Морозова Р. М., Лазарева И. П. Почвы и почвенный покров Валаамского архипелага. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. 170 с.  
Morozova R. M., Lazareva I. P. Soils and soil cover of the Valaam Archipelago. Petrozavodsk: Karelian SC RAS, 2002, 170 p. (in Russian)
- Панова Е. Г., Гавриленко В. В., Матинян Н. Н. Валаамский архипелаг. Геохимия горных пород, почв и донных осадков. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2007. 83 с.  
Panova E. G., Gavrilenko V. V., Matinyan N. N. Valaam Archipelago. Geochemistry of rocks, soils and bottom sediments. Publishing house of Herzen Russian State Pedagogical University, 2007, 83 p. (in Russian)
- Панова Е. Г., Гавриленко В. В., Матинян Н. Н., Шешукова А. А. Геохимическая оценка загрязнений почвенно-го покрова Валаамского архипелага // Геоэкология. 2002. № 6. С. 500–505.  
Panova E. G., Gavrilenko V. V., Matinyan N. N., Sheshukova A. A. Geochemical assessment of soil contamination of the Valaam archipelago. Geoecology, 2002, No. 6, pp. 500–505. (in Russian)
- Свириденко Л. П., Светов А. П. Валаамский силл габбро-дolerитов и геодинамика котловины Ладожского озера. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 123 с.  
Sviridenko L. P., Svetov A. P. Valaam gabbro-dolerite sill and geodynamics of the Ladoga Lake basin. Petrozavodsk: Karelian SC RAS, 2008, 123 p. (in Russian)
- Свириденко Л. П. Ладожская вулкано-тектоническая структура (геология, вулканоплутонизм, тектоника). Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2019. 98 с.  
Sviridenko L. P. Ladoga volcano-tectonic structure (geology, volcano-plutonism, tectonics). Petrozavodsk: Institute of Geology KarSC RAS, 2019, 98 p. (in Russian)
- Седов С. Н., Васенева Э. Г., Шоба С. А. Современные и древние процессы выветривания в почвах на основных породах острова Валаам // Почвоведение. 1992. № 7. С. 83–96.  
Sedov S. N., Vaseneva E. G., Shoba S. A. Modern and ancient weathering processes in soils on the basic rocks of Valaam Island. Soil Science, 1992, No. 7, pp. 83–96. (in Russian)
- Скляров Е. В. и др. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е. В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.  
Sklyarov E. V. et al. Interpretation of geochemical data. Ed. E. V. Sklyarov. Moscow: Intermet Engineering, 2001, 288 p. (in Russian)
- Степанова А. Б., Бабин А. В., Дмитричева Л. Е., Комолова С. А., Ерманова М. Г., Коровина А. С. Анализ антропогенного воздействия на наземные экосистемы о. Валаам // Экосистемы Валаамского архипелага (Ладожское озеро) на рубеже XX и XXI веков. Черты уникальности и современное состояние: Атлас. СПб., 2016. 44 с.  
Stepanova A. B., Babin A. V., Dmitricheva L. E., Komolova S. A., Ermanova M. G., Korovina A. S. Analysis of anthropogenic impact on terrestrial ecosystems of Valaam Island. Valaam. Ecosystems of the Valaam Archipelago (Lake Ladoga) at the turn of the 20th and 21st centuries. Traits of uniqueness and current state Atlas. St. Petersburg, 2016, 44 p. (in Russian)
- Урусевская И. С., Матинян Н. Н. Антропогенно-преобразованные почвы островных средневековых монастырей таежно-лесной зоны России. М.: ГЕОС, 2014. 154 с.  
Urusevskaya I. S., Matinyan N. N. Anthropogenically transformed soils of island medieval monasteries of the taiga-forest zone of Russia. Moscow: GEOS, 2014, 154 p. (in Russian)
- Шильцова Г. В., Морозова Р. М., Литинский П. Ю. Тяжелые металлы и сера в почвах Валаамского архипелага. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 109 с.  
Shiltsova G. V., Morozova R. M., Litinsky P. Yu. Heavy metals and sulfur in soils of the Valaam Archipelago. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2008, 109 p. (in Russian)
- Шишиов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.  
Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. Classification and diagnostics of soils of Russia. Smolensk: Oikumena, 2004, 342 p. (in Russian)
- Kabata-Pendias A., Mukherjee A. B. Trace elements from soil to human. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. 550 p.

Поступила в редакцию / Received 28.01.2025