

на правах рукописи

Шешукова Анастасия Анатольевна



**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В
ПОЧВАХ ОСТРОВА ВАЛААМ**

Специальность: 03.00.27 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Санкт-Петербург – Пушкин
2006

Работа выполнена в лаборатории географии почв Биологического научно-исследовательского института Санкт-Петербургского государственного университета

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Наталья Никитична Матинян

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
Анатолий Семенович Федоров

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Дмитрий Викторович Чернов

Ведущая организация: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН

Защита диссертации состоится 22 июня 2006 года в 16 часов на заседании диссертационного совета Д.220.060.03 в Санкт-Петербургском государственном аграрном университете (СПбГАУ) по адресу:

196601, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2, корп. 1-а, аудитория 239.

Просим принять участие в работе совета или прислать письменный отзыв о данном автореферате в двух экземплярах, заверенных печатью, по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.

Автореферат разослан « 17 » мая 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор сельскохозяйственных наук, профессор



В.П. Царенко

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Валаамский архипелаг расположен на территории Карелии в северной части Ладожского озера. Наряду с историко-культурной, эстетической и духовной ценностями, он является уникальной незагрязненной экосистемой самого крупного пресноводного водоема Европы. Относительно фоновой территории Карелии и Ленинградской области, Валаамский архипелаг выделяется редким для таежной зоны сочетанием биоклиматических факторов почвообразования: выходами магматических пород основного состава, претерпевших значительные постмагматические изменения и мягким климатом, что обусловило возможность формирования здесь редких для данного региона почв. Почвы с бурым недифференцированным профилем являются основным компонентом, поддерживающим исключительное биологическое разнообразие экосистем архипелага.

Уникальная природа Валаама привлекала внимание многих исследователей, однако геохимические особенности основных компонентов ландшафтов острова остаются недостаточно изученными. Выявление биогеохимических особенностей почвообразования на магматических породах острова, оценка роли литологического фактора в формировании морфогенетических и химико-минералогических свойств почв открывает возможность более глубокого понимания природных особенностей Валаама и таежных почв в целом; позволяет разработать концепцию сохранения очень ранимых почв и почвенного покрова острова, и проводить эффективные мероприятия по их охране на основании углубленных исследований взаимосвязанных компонентов экосистемы (порода – почва – растение). Особую актуальность приобретают работы по эколого-геохимической оценке почв и почвенного покрова Валаама при решении вопросов сохранения удивительного биологического разнообразия, существующего на архипелаге.

Цель работы. Выявить основные закономерности распределения химических элементов в породах и почвах Валаама и дать эколого-геохимическую оценку состояния верхних почвенных горизонтов острова.

Задачи:

1. Выявить геохимическую направленность выветривания трех преобладающих разновидностей магматических почвообразующих пород острова Валаам на основании изучения их петрографического и геохимического составов.
2. Провести морфогенетический анализ почв, сформированных на осадочных и магматических породах Валаамского архипелага. Выяснить характерные отличия островных валаамских почв, залегающих на разновидностях магматических пород, от материковых почв, сформированных на гранито-гнейсе и габбро-норите.
3. Определить роль тонкодисперсных фракций гранулометрического состава почв, сформированных на магматических породах острова Валаам, в закреплении микроэлементов.

4. Изучить распределение микроэлементов в системе: порода – почва – растение в биогеоценозах, сформированных на трех разновидностях магматических пород острова.

5. Выявить закономерности профильного и пространственного распределения химических элементов в почвах Валаама, а также составить карты-схемы содержания микроэлементов в поверхностных горизонтах почв острова.

Основные защищаемые положения.

1. Решающим фактором формирования геохимического состава почв на магматических и осадочных породах Валаамского архипелага является специфика литогенной основы.

2. Выявленные различия в минералогическом и химическом составех разновидностей магматических почвообразующих пород острова Валаам не отражаются на направлении почвообразования.

3. Валаамский архипелаг является особой биогеохимической территориальной единицей Северо-Запада РФ, почвы которой характеризуются повышенным содержанием Ba, Zn, Sr, Ti, P.

Научная новизна. В работе впервые рассмотрены в качестве почвообразующих три преобладающие разновидности магматических пород Валаама; выполнена оценка степени влияния особенностей их минерального состава на химический состав сформированных на них почв. Впервые для данной территории изучена связь между элементными составами растительности, почвы и почвообразующей породы. Уточнена классификационная принадлежность почв острова на основе новейших отечественных классификационных построений (Классификация и диагностика почв России, 2004). Установлены факторы, обуславливающие геохимические особенности почвенного покрова острова и заложена основа для проведения почвенно-геохимического мониторинга Валаама; составлены карты-схемы распределения микроэлементов в поверхностных горизонтах почв острова Валаам.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследования углубляют и расширяют существующие представления о формировании почв на магматических породах. Знания о содержании и распределении химических элементов в звеньях незагрязненных экосистем могут послужить основанием для природоохранных мероприятий при сравнительно-географических исследованиях по восстановлению компонентов природной среды, подвергшихся активному воздействию техногенных выбросов.

Накопленные материалы по содержанию химических элементов в почвах острова и построенные почвенно-геохимические карты Валаама являются теоретической и практической основами для рационального использования и охраны земель, а также проведения почвенно-геохимического мониторинга. Результаты исследования используются в лекционных курсах для студентов кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 3 статьи и 8 тезисов докладов. Результаты исследований вошли в отчет по гранту РФФИ № 99-04-49565-а. Основные положения работы

докладывались на 7-й ежегодной научной конференции «XXI век: Молодежь, Образование, Экология, Ноосфера», Санкт-Петербург, 1999; II, IV Докучаевских молодежных чтениях, Санкт-Петербург, 1999, 2001; IV, VIII, IX международных конференциях студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов – 99, 03, 04», Москва, 1999, 2003, 2004; IV международной конференции по криопедологии, Архангельск 2005, XVI конференции молодых ученых в области наук о Земле, Апатиты, 2005.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы (включающего 159 наименований, из них 16 на иностранном языке) и 13 приложений. Работа содержит 192 страницы текста, 44 таблицы, 79 рисунков. Общий объем работы 264 страницы.

Автор работы выражает глубокую благодарность своему руководителю проф., доктору с.-х. наук, Н.Н. Матинян, а также доктору геол.-минерал. наук Е.Г. Пановой, С.А. Комоловой, Т.Д. Шибиной, Р.Л. Бродской, Н.П. Баландиной, Б.А. Цимошенко, Э.В. Табунсу, проф., доктору биол. наук Д.В. Осипову, доктору геогр. наук С.Н. Лесовой и всем сотрудникам лаб. географии и биохимии почв БиНИИ СПбГУ за неоценимую помощь в работе, своим родным и близким за понимание и поддержку, а также всем тем, кто помогал советом или участием.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Первые научные исследования флоры, фауны, пород Валаамского архипелага начались в XVII-XVIII веках (Озерецковский, 1786, 1792; Андреев, 1875; Nylander, 1852; Куторга, 1851; Иностранцев, 1868 и др.). Современные систематические ботанические и геологические исследования архипелага проводились в 60-90 гг. XX века (Кратц, 1960, 1963; Победимова, Гладкова, 1966; Франк-Каменецкий, 1998; и др.).

К настоящему времени в литературе накоплены обширные материалы, касающиеся морфогенетической характеристики лесных и антропогенно-преобразованных почв острова (Лазарева, Морозова, 1983, 1987, 1990, 2002; Кокунова, 1987; Фролова, 1994; Матинян, Урусевская, 1999 и др.). Подробные почвенно-минералогические исследования почв, сформированных на выходах магматических пород, выполнены Э.Г. Васеновой (1990) и С.Н. Седовым (1992).

В последнее время все больше внимания уделяется природоохранным исследованиям, а также экологической оценке состояния природы Валаама (Елсукова, 1997; Болотова, 2000; Панова, 2000, 2001).

Однако при всем разнообразии работ, посвященных Валааму, вопрос природных особенностей химического состава почв и пород, профильного и пространственного распределения химических элементов в почвах острова остается открытым.

Объекты и методы. В основу исследования положены материалы, собранные автором в ходе полевых работ в 1997 - 2000 гг. на острове Валаам (19 разрезов) и материке – северо-востоке Ленинградской области и южной части

Карелии. Геохимическая оценка состояния почвенного покрова Валаама составлена на основании анализа 85 образцов поверхностных органоминеральных горизонтов почв (из них 45 отобраны на участке детального обследования, площадью ~4 км², где образцы отбирались с учетом особенностей рельефа, и 40 образцов отобраны со всей площади острова по равномерной сетке со стороны квадрата 1 км (работа проведена совместно с д.г./м.н. Е.Г. Пановой)).

Теоретической основой исследования послужили почвенно-геохимические разработки, основные положения которых развиты в трудах Б.Б. Польшова, А.И. Перельмана, М.А. Глазовской. Полевые исследования на Валаама проводились путем заложения опорных разрезов в типичных ландшафтах. Основное внимание было уделено естественным почвам, сформированным на элювии (элюво-делювии) коренных пород острова, также изучались постагрогенные и болотные почвы, сформированные на осадочных почвообразующих породах. На ключевых участках, расположенных на разновидностях магматических пород, совместно с заложением почвенных разрезов, отбирались образцы пород, травянистая и моховая растительность с учетной площади 1м²; а также производился отбор кернов древесных пород с целью определения бонитета лесных насаждений. На этих объектах спектральным количественным методом изучался микроэлементный (Cr, Ni, Zr, Co, Cu, Zn, Ni, V) состав компонентов миграционной цепи: порода – почва – подстилка – наземная растительность (мхи, травы, древесина). В мелкоземе почв ключевых участков рассматривалась приуроченность микроэлементов к фракциям ила (<0,001мм) и крупной пыли (<0,05 мм).

Определение физико-химических свойств, гранулометрического состава почв, фракционного состава гумуса проводилось в лаборатории географии почв БиНИИ СПбГУ и основывалось на комплексе традиционных анализов, выполненных по общепринятым методикам (Орлов, 1969; Аринушкина, 1970; Растворова, 1983; Воробьева, 1998; и др.). Минералогический состав почв изучался рентген-дифрактометрическим методом. Определение минерального состава магматических почвообразующих пород проведено в петрографических шлифах. Выявление особенностей выветривания трех преобладающих разновидностей магматических пород Валаама проводилось путем сравнения содержания макро- и микроэлементов в автохтонных кутанах выветривания (АВК), расположенных под почвенным профилем на поверхности породы, ненарушенной почвообразованием, с их содержанием непосредственно в породе. Определение содержания макроэлементов в объектах исследования осуществлялось с помощью силикатного рентгеноспектрального флуоресцентного метода. Микроэлементы определены спектральным приближенно-количественным и спектральным количественным методами в лабораториях ВСЕГЕИ (аналитики Н.П. Баландина, Б.А. Цимощенко). Построение почвенно-геохимических карт-схем острова Валаам выполнено в программе Surfer 7.0.

Достоверность исследования обеспечена значительным объемом исходной информации. Данные полуколичественного спектрального анализа обрабатывались статистическими методами (с использованием компьютерных

программ Excel 2002, Statistica 6.0), а также факторным и дискриминантным анализами. Для спектрального количественного метода были проведены специальные метрологические исследования (содержание элементов определялось в 16-ти кратной повторности), с целью проверки точности воспроизводимости численных результатов, а также расчета доверительных интервалов, использующихся при анализе полученных данных.

Глава 2. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ОСТРОВА ВАЛААМ

Формирование почвенного покрова Валаамского архипелага можно считать уникальным примером теснейшей взаимосвязи всех почвообразующих факторов. Вулканическое происхождение островов (архипелаг сложен магматическими породами Салминской свиты рифейского возраста – 1325±52 миллионов лет (Франк-Каменецкий, 1998)) нашло отражение в контрастном и сильно расчлененном рельефе, что приводит к неравномерным условиям по водообеспеченности территории. Рельеф Валаама представляет собой систему крутых приподнятых массивов, разделенных между собой лощинами, заливами и озерами, которые приурочены к тектоническим разломам и трещинам. Северо-западная часть Валаама приподнята на 20-30 метров, относительно юго-восточной, восточной и центральной.

Валаамский архипелаг расположен на границе подзон южной и средней тайги. Расположение архипелага в глубоководной части внутриконтинентального озера оказывает существенное влияние на климатические условия. По многолетним данным метеостанции «Валаам» (Гагарин и др., 1998) климатические условия Валаамского архипелага самые мягкие на территории Карелии. Среднегодовая температура воздуха + 3,6°C, при средней сумме активных температур 1500-1600°C. Среднегодовое количество осадков 593 мм, в розе ветров нет существенного преобладания ветра одного направления. Территория архипелага (открытые скальные участки и внутренняя часть острова) отличается высокой неоднородностью микроклиматических условий. Интродуцированная монахами растительность в XVIII-XX веках – дуб, пихта, барбарис и др. хорошо прижилась, и ее уже можно считать натурализовавшейся.

Более 90% площади Валаама покрыто сосновыми и еловыми лесами с примесью лиственных пород – осины, ольхи, клена, липы. Луга расположены на 4,5 % площади и используются в качестве пастбищ и сенокосов. Болота залегают небольшими массивами и занимают не более 1% территории (Природные комплексы Валаама, 1983).

Гряды, террасированные склоны и подножья заняты преобладающей почвообразующей породой – сильнохрящеватым, с небольшой примесью мелких (<1 мм) частиц элювием (элюво-делювием) магматических пород основного состава. Мощность отложений редко превышает 1 метр. Пониженные элементы рельефа (с высотными отметками ниже 15 м над уровнем моря) заняты осадочными почвообразующими породами: моренными отложениями, озерно-ледниковыми песками и глинами, озерными песками.

Магматические почвообразующие породы. Почвоведы, работавшие ранее на Валааме (Васенева, 1990; Седов, 1992), определяли выходы магматических почвообразующих пород как габбро-диабазы. Проведенные нами детальные исследования выявили три генетически связанные разновидности магматических пород Валаама, выступающих в качестве почвообразующих – габбро-диабаз, ферро-габбро, монцопит, отличающиеся друг от друга по минеральному и химическому составам.

Габбро-диабаз – самая распространенная порода на территории острова. Порода темно-коричневого цвета, обладает габбро-офитовой и офитовой структурами. Имеет характерный состав пород группы габбро: на 60-85% состоит из основного плагиоклаза (ряда лабрадор-анортит) и полевых шпатов, содержит 4-5% моноклинного пироксена, встречаются единичные ромбические пироксены, 2% роговой обманки, 8-10% оливина, нацело замещенного иддингситом, 3-5% рудных минералов, 1% кварца, из аксессуарных минералов присутствуют апатит, рутил, циркон.

Ферро-габбро. Выходы обнаружены вдоль северного и северо-восточного побережий острова, порода окрашена в темный, почти черный цвет. От габбро-диабазы отличается крупнозернистостью, повышенным (до 8%) содержанием рудных минералов (ильменит, титаномагнетит) и моноклинного пироксена.

Монцопит образует ограниченные участки сложной формы среди ферро-габбро и габбро-диабазы, обладает насыщенным красным цветом, характеризуется высоким содержанием микропегматита. Плагиоклазы и полевые шпаты в монцопите имеют тонкопертитовое строение различной формы. Количество свободного кварца в монцопитах может достигать 5%, а связанного в виде гранофира – до 30%.

Все разновидности пород Валаама подверглись проработке древними постмагматическими процессами (развитие иддингсита по оливину, черного рудного минерала по зернам амфибола и биотита; хлорита, серицита и альбита по плагиоклазам; присутствие глинистых минералов в интерстициях между минеральными зернами). Степень изменений пород существенна, однако в породах сохранены и первичная структура, и химический состав.

Габбро-диабаз подвергся изменениям в наибольшей степени (60-90% зерен плагиоклазов хлоритизированны и серицитизированны). Характер изменений зональный – главным образом глинизированы фрагменты плагиоклазов, имеющих более основной состав. Иногда от минеральных зерен остаются только внешние границы – внутренняя часть выполнена глинистыми минералами, пропитанными гидроокислами железа. В габбро-диабазе в ряде шлифов отмечается широкое развитие карбоната по плагиоклазу.

Габбро-диабаз характеризуется повышенным, относительно ферро-габбро и монцопита, содержанием догипергенных слоистых силикатов, а также в наибольшей степени подвержен процессам разрушения (количество пор и каверн в шлифах габбро-диабазы наибольшее из всех разновидностей – 7-8%).

Согласно существующим представлениям о роли и значении слоистых силикатов в почвообразующей породе (Черняховский, 1991), можно предположить, что габбро-диабаз, относительно остальных магматических

почвообразующих пород Валаама, будет обладать несколько иными особенностями выветривания, что имеет значение и для почвообразования.

Изученные разновидности почвообразующих магматических пород Валаама различаются между собой и по химическому составу. В ряду: *ферро-габбро* – *габбро-диабаз* – *монцонит* происходит увеличение содержания кремнезема и щелочей, а также элементов, связанных с флюидными фазами – Zr, Nb, Y, Yb. В этом же ряду происходит уменьшение содержания оксидов титана, железа, фосфора. Габбро-диабаз, являясь «промежуточной» породой между ферро-габбро и монцонитом по содержанию элементов, выделяется повышенным содержанием оксида магния, Sr, Ba, V, Zn. Наблюдаемые различия пород объясняются их гелезисом.

Магматические почвообразующие породы Валаама, в целом (без разделения на разновидности) отличаются от аналогичных пород Карелии повышенным содержанием оксидов титана, фосфора, щелочей, также Ba, Zr, Zn.

Элювиально-аккумулятивные ряды, полученные для разновидностей магматических пород Валаама, показали слабое (<20%) изменение их химического состава при выветривании.

элювиально-аккумулятивный ряд габбро-диабазы:

$\text{Na}_2\text{O} < \text{Al}_2\text{O}_3 < \text{CaO} = \text{P}_2\text{O}_5 < \text{SiO}_2 < \text{TiO}_2 < \text{MnO} < \text{K}_2\text{O} < \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{MgO}$
 0,84 0,92 0,95 0,95 0,98 1,07 1,10 1,12 1,14 1,14

элювиально-аккумулятивный ряд ферро-габбро:

$\text{Na}_2\text{O} < \text{MnO} = \text{K}_2\text{O} < \text{SiO}_2 < \text{MgO} < \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{P}_2\text{O}_5 < \text{CaO} < \text{TiO}_2$
 0,90 0,94 0,94 0,98 1,02 1,04 1,04 1,05 1,06 1,10

элювиально-аккумулятивный ряд монцонита:

$\text{MnO} < \text{Na}_2\text{O} < \text{SiO}_2 < \text{K}_2\text{O} < \text{Al}_2\text{O}_3 < \text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{TiO}_2 < \text{P}_2\text{O}_5 < \text{MgO} < \text{CaO}$
 0,80 0,90 0,98 0,99 1,01 1,04 1,06 1,14 1,17 1,18

Выветривание пород Валаама направлено на относительный вынос щелочных и щелочноземельных элементов и относительное накопление TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO . Изменения макроэлементного состава в процессе выветривания наиболее близки у ферро-габбро и монцонита. Габбро-диабаз характеризуется более интенсивным выносом кальция.

Характер изменения микроэлементного состава при выветривании разновидностей пород носит более выраженный характер (до 90%). Общим для рассматриваемых магматических пород Валаама является накопление V (элемент слюд и рудных минералов) и вынос Zr и Pb. Габбро-диабаз отличается от ферро-габбро и монцонита выносом Zn и накоплением Ni.

элювиально-аккумулятивные ряды:

габбро-диабаз

$\text{Zr} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Pb} < \text{Co} < \text{V} < \text{Ni}$
 0,74 0,79 0,80 0,85 1,29 1,76 1,90

ферро-габбро

$\text{Cu} < \text{Ni} < \text{Pb} < \text{Zr} < \text{Co} < \text{V} < \text{Zn}$
 0,70 0,71 0,75 0,88 0,90 1,14 1,16

монцонит

$\text{Zr} < \text{Pb} < \text{Ni} < \text{Co} < \text{Cu} < \text{V} < \text{Zn}$
 0,85 0,99 1,00 1,12 1,30 1,38 1,39

Сравнение магматических пород Валаама с аналогичными породами, расположенными на материке (где они имеют ограниченное распространение),

показало, что *габбро-норит* Прионежья по минералогическому составу близок габбро-диабазу Валаама. Однако, в отличие от пород Валаама, которые подверглись значительной допочвенной проработке, габбро-норит не затронут широким метаморфизмом, изменения выражаются в единичных выделениях хлорита и частичной альбитизации основных плагиоклазов. Выветривание габбро-норита также имеет относительный характер (изменения химического состава не >30%), но происходит по другому направлению: из породы выносятся щелочноземельные элементы и Fe_2O_3 , MnO ; накапливаются TiO_2 , Al_2O_3 .

Осадочные почвообразующие породы. Свойства осадочных пород Валаама достаточно хорошо изучены (Морозова, Лазарева, 2002), но вопрос их микроэлементного состава исследован недостаточно. Авторские данные по содержанию микроэлементов в озерно-ледниковых песках и глинах, а также моренных суглинках Валаама, показали, что глины Валаама обогащены Co в 1,6 раз больше глин Северо-Запада, и в 1,8 раза больше глин Карелии; Mo – в 1,4 раза и 2,0 раза соответственно. Морены Валаама содержат Co в 17 раз больше относительно морен Северо-Запада, и в 2,8 раза больше относительно морен Карелии. Пески Валаама обогащены Cu в 2,4 раза и в 2,1 раза соответственно. Осадочные породы Валаама обеднены Mn (в 1,4-2,4 раза) относительно аналогичных пород Северо-Запада РФ и Карелии.

Сравнительная геохимическая характеристика осадочных и магматических почвообразующих пород острова позволила выявить ассоциации химических элементов, присущих осадочным и магматическим породам Валаама в целом (т.е. как отдельной территориальной единице). Осадочные породы Валаама (среднее по глинам, моренам, пескам) с вероятностью $P=0,95$, обогащены Cr , Ni , Cu , относительно магматических пород. Магматические породы Валаама являются носителями Mn , Nb , Zn , Sc , Sr , Ti .

Глава 3. ПОЧВЫ ОСТРОВА ВАЛААМ

Генетические свойства почв, сформированных на осадочных почвообразующих породах. Рассматриваемые почвы занимают небольшую площадь на территории Валаама. Преимущественно они залегают небольшими отдельными массивами и сосредоточены в центральной части острова, а также занимают естественные ложины, широкие понижения между грядами и частично склоны. Нами кратко охарактеризованы наиболее распространенные типы почв (названия даны в соответствии с новой классификацией почв России, 2004).

Торфяные почвы Торфяные эутрофные почвы формируются в глубоких депрессиях, понижениях между грядами под влаголюбивой растительностью. Мощность торфа не превышает метра. Почвы сильноокислые (pH_{KCl} 3,8-4,0), в составе обменных оснований преобладает кальций (до 34 мг-экв/100г).

Торфяные олиготрофные почвы встречаются в западинах на водораздельных участках (могут формироваться на кристаллических породах), под олиготрофной растительностью. Почвы сильноокислые (pH_{KCl} 3,0-3,2), бедны обменными основаниями.

Торфяно-глееземы расположены в плоских понижениях, чаще всего окаймляя края озер, широких ручьев. Почвы характеризуются среднискислой реакцией среды (pH_{KCl} 4,6-5,0), низким содержанием обменных оснований.

Постагрогенные почвы – подавляющее большинство естественных почв (альфегумусовых, органо-аккумулятивных и др.), сформированных на озерно-ледниковых глинах, озерных суглинках, двучленных отложениях (озерно-ледниковая супесь на озерной глине) ранее распахивались, затем были заброшены. Постагрогенные почвы расположены в понижениях вдоль заливов внутренних озер, в лощинах. Основными процессами, формирующими профиль постагрогенных почв, являются гумусово-аккумулятивный и оглеение (за счет тяжелого гранулометрического состава или высокого содержания стояния грунтовых вод). Профиль постагрогенных почв характеризуется присутствием темно-серого гомогенного плотного бывшего пахотного горизонта, имеющего ровную четкую нижнюю границу. Содержание гумуса в верхних горизонтах составляет 3-4 % и резко уменьшается при переходе к горизонту G. Верхние горизонты почв среднискислые (pH_{KCl} 4,6-5,0), с глубиной кислотность почв уменьшается.

К **антропогенно-преобразованным почвам** относятся почвы садов, парков и огородов монастыря. Общими чертами этих почв является наличие мощной гумусовой толщи (до 50 см), высокое содержание гумуса (до 10-12%) плавно убывающее с глубиной, менее кислая по сравнению с фоновыми почвами реакция среды (pH_{KCl} 5,5-5,8), высокая степень насыщенности основаниями (до 35 мг-экв/100 г).

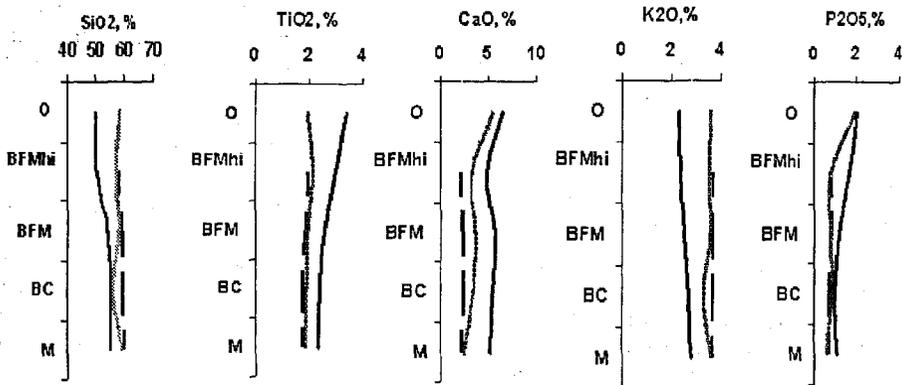
Изучение профильного распределения химических элементов в почвах, сформированных на осадочных почвообразующих породах, показало что: 1. В верхних горизонтах **болотных почв** регистрируется незначительное увеличение, относительно породы, содержания Pb. 2. В **постагрогенных почвах** – распашка верхней части почвенного профиля принципиально не меняет его химической состав. 3. **Антропогенно-преобразованные почвы** в большой степени наследуют состав природных почв, но также несут и новоприобретенные черты. Антропогенно-преобразованные почвы, сформированные на магматических почвообразующих породах, в результате привноса в них песка обогащаются Ni, Cu, т.е. теми элементами, которыми богаты осадочные породы, но бедны магматические. Почвы, сформированные на осадочных почвообразующих породах, при попадании в них дресвы магматических пород обогащаются Zn, Ti, Mn, V.

Генетические свойства почв, сформированных на разновидностях магматических почвообразующих пород. Особое внимание было уделено почвам с бурым профилем, залегающим в автономных позициях и сформированным на выходах разновидностей магматических пород Валаама. Деструкция и трансформация гидротермальных слоистых силикатов, приводящая к оглиниванию и ожелезнению почвенного профиля при внутрпочвенном выветривании, подчиненное значение альфегумусовой миграции, выявленные предыдущими исследователями (Васенева, 1990; Седов, 1992), и результаты собственных исследований позволили нам при диагностике этих почв согласно классификации 2004 года отнести их к отделу железисто-метаморфических почв,

к типам ржавоземов грубогумусовых и органо-ржавоземов. Чаще всего, органо-ржавоземы формируются на плоских вершинах гряд на элювии, а ржавоземы грубогумусовые – в верхних частях склонов на элюво-делювии магматических пород. Почвы, залегающие на габбро-диабазе и ферро-габбро, характеризуются бурой окраской профиля, почвы, сформированные на монцитите, имеют более яркий охристый оттенок. Почвы маломощны (40-60 см), высокощелочны, с низким содержанием мелкоземистых фракций (содержание скелета 30-50%, в нижней части профиля доходящее до 90%); имеют хорошо выраженную икрянистую структуру; дресва и щебень из почвенных горизонтов покрыты равномерными охристыми пленками. Почвы обеспечены элементами питания растений, насыщены основаниям, имеют кислую реакцию, пропитаны гумусом фульватной и гуматно-фульватной природы ($C_{гк}:C_{фк}=0,4-0,9$), в составе гумусовых кислот преобладают фракции, связанные с полуторными оксидами, присутствуют фракции, связанные с кальцием. По валовому химическому составу почвы не дифференцированы по профилю. Элементарными почвообразовательными процессами для ржавоземов являются ожелезнение, а также оглинивание и альфегумусовая миграция.

Различия органо-ржавоземов и ржавоземов грубогумусовых заключаются в характере верхнего горизонта. В органо-ржавоземах он представлен подстильно-торфяным горизонтом (строение профиля: O-BFMhi-BFM-BC-M), а в ржавоземах грубогумусовых – грубогумусовым горизонтом (строение профиля: O-AO-BFMhi-BFM-BC-M). Срединные и нижние почвенные горизонты принципиально сходны. Чаще всего, ржавоземы грубогумусовые имеют более мощный профиль (до 80см) и содержат в мелкоземе большее количество илестых частиц (до 15%), чем органо-ржавоземы.

Ржавоземы, сформированные на разновидностях магматических пород Валаама, различаются между собой по химическому составу и ряду почвенных свойств.



органо-ржавоземы на: — ферро-габбро, - - габбро-диабазе, — монцитите

Рисунок 1. Валовой химический состав мелкозема органо-ржавоземов, сформированных на разновидностях магматических пород Валаама

Особенно четко различия выявляются в профилях органо-ржавоземов (Рисунок 1, Таблица 1).

Почвенный мелкозем наследует свой химический состав от почвообразующих пород. Мелкозем почвы на ферро-габбро (как и порода) выделяется повышенным содержанием TiO_2 , CaO , P_2O_5 и пониженным количеством SiO_2 и K_2O .

Таблица 1. Физико-химические свойства мелкозема органо-ржавоземов острова Валаам

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH H ₂ O	pH KCl	V, %	H _r , мг-экв/ на 100 г	Обменные основания, мг-экв/100г			Элементы питания, мг/ 100 г		Fe ₂ O ₃ , (по Мера- Джексоу)	
						Σ Са, Mg	Са	Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O	%	% от вал.
15/2000 органо-ржавозем иллювиально-гумусированный очень сильно скелетный мелкоземисто-песчаный на элювии ферро-габбро												
O (0-5)	38,9*	4,8	3,8	51	40,0	42,0	26,0	16,0	216,2	86,1	не опр.	
BFMhi(5-18)	2,8	5,0	3,8	44	10,3	8,0	4,8	3,2	23,9	4,9	1,98	11,58
BFM(18-34)	3,4	5,2	3,9	34	9,9	15,8	8,2	7,6	не опр.		1,62	12,45
10/2000 органо-ржавозем иллювиально-гумусированный очень сильно скелетный мелкоземисто-песчаный на элювии габбро-диабаз												
O (0-7)	61,6*	4,3	3,2	22	70,0	20,0	14,0	6,0	69,3	139,2	не опр.	
BFMhi (7-19)	2,8	5,1	3,8	61	10,1	16,0	11,6	4,4	22,3	6,0	1,99	17,05
BFM(19-34)	2,1	5,5	3,9	43	7,6	15,6	11,6	4,0	22,9	4,9	2,05	19,21
BC (34-46)	2,1	5,5	3,9	73	6,4	17,2	14,2	3,0	не опр.		1,98	19,30
5/2000 органо-ржавозем иллювиально-гумусированный очень сильно скелетный мелкоземисто-песчаный на элювии монзонита												
O (0-5)	43,4*	4,7	3,6	50	46,0	26,0	14,0	12,0	124,4	148,3	не опр.	
BFMhi (5-10)	7,9	4,7	3,8	21	11,1	3,0	1,6	1,4	19,4	12,1	1,96	15,12
BFM(10-18)	4,3	5,0	4,0	30	9,2	4,0	2,8	1,2	22,9	9,4	1,98	17,43
BC (18-34)	5,6	5,2	4,2	45	9,0	7,4	7,0	0,4	не опр.		2,94	21,30

* - потери при прокаливании, %

Доступного для растений калия содержится больше в почве, сформированной на монзоните, а фосфора – в почве на ферро-габбро. Однако, количество обменного кальция больше в почве, сформированной на габбро-диабазе.

Аналогичные закономерности содержания химических элементов прослеживаются и в почвенных профилях ржавоземов грубогумусовых, сформированных на разновидностях магматических пород.

Изучение минералогического состава почв, сформированных на магматических породах острова Валаам (на примере органо-ржавозема) показало, что для почвенных горизонтов в целом, мелкозема из этих почвенных горизонтов, АКВ на поверхности породы, и неизменной почвообразованием породы, идентифицируется единый комплекс минералов. Почвенные горизонты наследуют первичные и вторичные минералы от магматической породы.

Изменения, происходящие с первичными минералами в процессе почвообразования, выражаются в слабом разрушении кальциевых плагиоклазов.

Почвенный профиль ржавозема характеризуется низким содержанием глинистых минералов. Диагностируется неупорядоченное смешаннослойное хлорит-вермикулитовое образование, являющееся продуктом деградации хлорита. Изменения, происходящие в почвенном профиле с глинистыми минералами, имеют уровень неглубоких трансформационных изменений: хлорит-вермикулит, унаследованный от породы, в верхних почвенных горизонтах трансформируется в вермикулит. В результате преобразований глинистых минералов, происходящих в почвенном профиле, высвобождается значительное количество железа. По набору глинистых минералов и их участию в составе илистой фракции исследованные почвы отличаются от почв, изученных на Валааме ранее (Седов, 1992; Беркгаут и др., 1993), в которых в илистой фракции преобладали минералы группы смектита. Эти различия связаны с тем, что исследованные нами почвы сформированы на породах, подвергшихся значительно меньшей допочвенной проработке, что не привело к массовому появлению глинистых минералов.

Сравнительная характеристика почв, сформированных на магматических породах острова Валаам и материке. Бурозем грубогумусовый (Прионежье) залегает на материке, на одной широте с Валаамским архипелагом, но значительно отличается от почв Валаама. Профиль имеет следующее строение: O-AУ₀₀-BM-BCg-Cg-M. Почва Прионежья светло-охристая, более мощная (до 74 см), практически не щебнистая. Мелкозем имеет средне суглинистый состав, количество илистой фракции несколько превышает ее содержание в почвах Валаама. Бурозем Прионежья гораздо беднее ржавоземов Валаама по содержанию доступных для растений элементов питания (в грубогумусовом горизонте содержание P₂O₅ – 3,5 мг/100г, K₂O – 6,1 мг/100г). Так же как и в почвах Валаама, во фракционном составе органического вещества почв Прионежья преобладают фракции гумусовых кислот, связанных с полуторными окислами, фракции, связанные с кальцием, присутствуют несколько в меньшем количестве, чем в почвах Валаама. Валовой состав почвенного мелкозема бурозема Прионежья обеднен большинством химических элементов: TiO₂, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, P₂O₅ по сравнению с мелкоземом почв Валаама. Резкая разница в химических составах габбро-норита и нижних почвенных горизонтов, на нем залегающих (до 20 % в содержании SiO₂, 10% – Fe₂O₃, 7% – CaO), указывает, что почвенные горизонты сформировались в четвертичных отложениях, нанесенных на монолитную породу.

Дерново-подбур (Южная Карелия), сформированный на гранито-гнейсе (почвообразующей породе кислого состава), характеризуется следующим строением профиля: O-AУ-BF-BC-M. Относительно почв Валаама дерново-подбур является менее щебнистой почвой, содержащей большее количество илистой фракции (до 15%). Так же как и в почвах Валаама, в гранулометрическом составе мелкозема дерново-подбура преобладают супесчаные фракции, профиль пропитан гумусом и имеет сильноокислую реакцию (рН_{KCl} 3,6-4,4), однако в 2-4 раза (относительно ржавоземов Валаама) обеднен обменными основаниями,

особенно кальцием. Валовой состав дерново-подбуря Карелии слабо изменяется по профилю, однако при этом в почвенном мелкоземе содержится в 2-5 раз меньше TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , P_2O_5 и на 20% больше SiO_2 , относительно содержания этих элементов в мелкоземе почв Валаама.

Глава 4. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА РАЗНОВИДНОСТЯХ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ОСТРОВА ВАЛААМ

Изучение лесной растительности, произрастающей в условиях сходных ландшафтов, но сформированных на разновидностях магматических пород Валаама, показало, что наиболее богатый видовой состав травянистой растительности характерен для почв, сформированных на элювии (элюво-делювии) габбро-диабазы. Здесь встречено 7 неморальных видов (из которых 2 занесены в Красную книгу Карелии – *Hepatica nobilis*, *Lathyrus vernus*), скорее всего это связано с наибольшим содержанием в этих почвах доступного для растений кальция. Высокобонитетная древесная растительность также произрастает на почвах (органо-ржавоземе и ржавоземе грубогумусовом), сформированных на габбро-диабазе (баллы бонитета соответственно 5,6 и 5,5). Второе место по бонитету древесной растительности и богатству напочвенного покрова занимают сообщества, сформированные на ферро-габбро; на монцоните, соответственно, третье.

Тенденция поведения микроэлементов в системе: «порода – почва – растение» одина для изученных почв, сформированных на разновидностях магматических пород Валаама.

Нами условно выделены 3 группы элементов: 1 – активно накапливающиеся, относительно их содержания в породе, в подстилке и моховом оцесе: Cr (до 19 раз) > Cu (до 15 раз) > Ni (до 14 раз) > Zn (до 5 раз); 2 – элементы, накапливающиеся в подстилке и грубогумусовом горизонте – Pb (до 10 раз) > V (до 3 раз); 3 – элементы, приуроченные, главным образом, к почвенным горизонтам – Co и Zr (Рисунок 2). График построен на примере распределения элементов в основных компонентах биогеоценоза (растительности, почвенных горизонтах ржавозема грубогумусового), сформированного на габбро-диабазе.

Высокие содержания Cr , Pb , Zn в органических горизонтах свидетельствуют об их возможном попадании в экосистемы Валаама посредством аэрозольного переноса.

Изучение содержания химических элементов в гранулометрических фракциях почв показало, что большинство микроэлементов (особенно Zn) накапливаются во фракциях крупной пыли и ила.

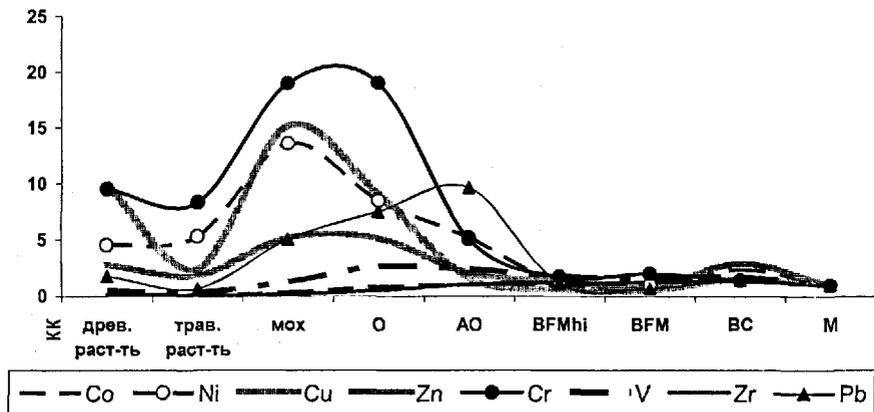


Рисунок 2. Распределение микроэлементов в древесной, моховой, травянистой растительности и почвенных горизонтах, относительно их содержания в породе

Профильное распределение химических элементов в мелкоземе почв.

Для мелкозема почв, сформированных на разновидностях магматических пород Валаама, прослеживается определенная наследственность поведения элементов, обнаруженная при выветривании пород, т.е. из почвенного мелкозема относительно выносятся (или накапливаются в нем) те элементы, которые выносились (накапливались) при выветривании пород. Особенно четко эта особенность проявляется в нижней части почвенного профиля.

В почвенных профилях ржавоземов, сформированных на габбро-диабазе (также как и при выветривании породы), происходит незначительный вынос Na_2O , Al_2O_3 , CaO , Cu ; содержание SiO_2 остается постоянным во всех почвенных горизонтах. В почвенном мелкоземе накапливаются MgO , V .

В мелкоземе почвенных горизонтов ржавоземов, сформированных на ферро-габбро происходит относительный вынос Na_2O , K_2O , а также Cu , относительное накопление MgO , Fe_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 и V ; содержание SiO_2 остается практически неизменным.

В горизонтах почвы, сформированной на монцоните, в мелкоземе происходит незначительный вынос MnO , Na_2O , K_2O , относительное накопление Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , CaO , Cu , V , содержание SiO_2 не изменяется по профилю.

Накопление в подстилках и гумусовых горизонтах большинства исследуемых почв Cr и Pb в количествах 5-10 раз больших, чем в породе, скорее всего, связано с приносом элементов с аэрозольными выпадениями.

Глава 5. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ ОСТРОВА ВАЛААМ

Отличие почв Валаама (усредненные данные по поверхностным горизонтам почв острова) от «материковых» почв северо-запада Русской равнины заключается в пониженном содержании в них Cu (в 2 раза) и повышенном

содержании Ва (в 3,5 раза). В то же время специфика почв Валаама заключается в том, для большинства элементов их максимальные содержания превышают установленные предельно допустимые нормы (при том, что средние содержания элементов в почвах Валаама не превышают норм ПДК). Исключение составляет Zn, даже среднее содержание которого в почвах Валаама превышает нормы ПДК (Таблица 2).

Таблица 2. Содержание некоторых химических элементов в почвах Северо-Запада РФ и острова Валаам, мг/кг

элемент	Содержание в верхнем почвенном горизонте о-ва Валаам, (n=85)			Почвы Северо-Запада РФ, (Сапрыкин, 1984)	ПДК, мг/кг (Метод. указ. по опр. тяж. мет., 1992)
	минимум	максимум	среднее		
Sr	58	280	168	156	–
Ba	272	1900	842	243	–
Ti	1030	26600	6340	–	–
Mn	55	1900	680	675	1500
V	13	236	73	–	150
Cr	1	88	30	–	90
Co	3	32	13	10	–
Ni	2	43	14	17	20
Cu	9	35	20	41	33
Pb	7	37	19	18	32
Zn	24	280	87	76	55

Доминирующее значение на химический состав поверхностных почвенных горизонтов Валаама оказал состав почвообразующей породы (теснота связи 0,67). Выявлено, что для верхних горизонтов почв, залегающих на возвышенных элементах рельефа и сформированных на магматических почвообразующих породах, характерна та же ассоциация элементов, что и для пород – Sr, Ba, Ti, Mn, Zn. Верхние горизонты почв, залегающих в пониженных элементах рельефа и сформированных на осадочных почвообразующих породах, являются носителями Cr и Ni в своем составе. Однако рельеф имеет подчиненное значение в распределении микроэлементов, поскольку обусловлен геологическим строением территории.

Связь химического состава верхних горизонтов почв с почвообразующими породами и, соответственно, рельефом наглядно продемонстрирована на моноэлементных геохимических картах-схемах детального участка обследования. Выявленная закономерность обусловленности химического состава почв составом почвообразующих пород хорошо прослеживается и на аналогичных картах-схемах, составленных для всей территории острова.

Эколого-геохимическая оценка поверхностных горизонтов почв острова Валаам. Валаамский архипелаг с учетом 20-ти типов загрязнителей находится в зоне с весьма слабым техногенным загрязнением (Геоэкология Ладожского озера, 1995). Согласно составленным геохимическим картам-схемам распределения Pb и Zn в почвенном покрове Валаама, показано, что на территории острова регистрируются два участка с содержанием Pb (42 и 44 мг/кг), незначительно превышающими нормы ПДК (32 мг/кг). Другая ситуация

наблюдается в распределении Zn. В верхних почвенных горизонтах практически по всей территории острова (особенно в центральной части) содержание Zn превышает нормы ПДК. Такое распределение элемента связано с геохимической спецификой магматических пород архипелага, но возможно, обусловлено и привнесением элемента в почвы за счет антропогенного фактора.

На наш взгляд, существующие санитарные нормы по содержанию химических элементов в почвах не совсем подходят для оценки эколого-геохимического состояния почвенного покрова острова. Применительно к почвам Валаама более логичным представляется использование оценочной шкалы по содержанию тяжелых металлов в почвах со слабокислой и кислой реакцией (Обухов, Ефремова, 1988). Согласно оценочной шкале, средние содержания Pb и Zn в верхних почвенных горизонтах Валаама классифицируются как средний (для Pb) и повышенный (для Zn) уровни содержания элементов.

ВЫВОДЫ

1. Почвообразование на Валаамском архипелаге протекает на трех разновидностях магматических пород: ферро-габбро, габбро-диабазе, монцоните, а также на осадочных почвообразующих породах. На магматических породах формируются почвы отдела железисто-метаморфических почв: органо-ржавоземы и ржавоземы грубогумусовые. На осадочных породах формируется широкий спектр почв различных отделов классификации.

2. Разновидности основных магматических пород Валаама отличаются друг от друга по минералогическому и химическому составам, а также по степени постмагматических изменений: ферро-габбро выделяется повышенным (до 8%) содержанием рудных минералов, низким содержанием кремнезема и обогащенностью Ti, Fe, P. Монцонит характеризуется повышенным содержанием кремнезема, щелочей, Zr, Nb. Габбро-диабаз является наиболее измененной породой, содержит меньшие количества рудных минералов, обогащен Mg, Sr, Ba, V, Zn.

3. Химический состав всех магматических разновидностей пород Валаама слабо меняется в процессе выветривания. В первую очередь происходит вынос щелочных и щелочноземельных элементов и накопление Ti, Fe, Mn. Процессы выветривания ферро-габбро и монцонита идентичны. Габбро-диабаз характеризуется более интенсивным выносом Ca.

4. Почвы наследуют химический состав от почвообразующих пород, на которых они сформированы, однако различия минерального и химического состава разновидностей магматических пород не оказывает существенного влияния на ход почвообразовательного процесса.

5. Дифференциация почвенного профиля ржавоземов грубогумусовых и органо-ржавоземов обеспечивается сочетанием элементарных почвообразовательных процессов. Наиболее существенным для всех почв является процесс метаморфического ожелезнения *in situ*, за счет высокого содержания легковыветривающихся железосодержащих минералов. Процессы подстилкообразования, иллювирирования органического вещества по профилю,

аккумуляции грубого гумуса (для ржавоземов грубогумусовых), торфонакопления (для органо-ржавоземов) имеют подчиненное положение.

6. Высокобонитетные леса и разнообразная по видовому составу травянистая растительность приурочены к почвам, сформированным на габбро-диабазе.

7. Почвы Валаама по содержанию нормируемых элементов-загрязнителей относятся к категории незагрязненных, однако в верхних почвенных горизонтах выявлена тенденция накопления Cr , Zn , Pb .

8. Валаамский архипелаг можно рассматривать как особый литолого-геохимический район Северо-Запада России, где почвы, сформированные на основных магматических породах, обогащены Ba , Mn , Zn , Ti , Fe , Sr , P , а на осадочных – Cr , Ni .

9. Характер пространственного распределения химических элементов в поверхностных горизонтах почв острова определяется содержанием элементов в почвообразующей породе, опосредованно рельефом и в меньшей степени антропогенным фактором.

III СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Могутова А.А. (Шешукова А.А.) Геохимическая характеристика почвообразующих пород острова Валаам // Тез. докл. 7-ой ежегодной научной конференции «XXI век: Молодежь, Образование, Экология, Ноосфера», СПб., – 1999. – С. 76-77.

2. Могутова А.А. (Шешукова А.А.) Своеобразие геохимического состава почвообразующих пород и почв острова Валаам // Тез. докл. Докучаевских молодежных чтений «Почва. Экология. Общество», СПб., – 1999. – С. 36-37.

3. Могутова А.А. (Шешукова А.А.) Геохимическая характеристика буроземов, сформированных на габбро-диабазе Валаамского архипелага и гранито-гнейсах Карельского перешейка // Тез. докл. IV международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов - 99», М., – 1999. – С. 91-92.

4. Шешукова А.А. Буроземные почвы острова Валаам, сформированные на минералогических разностях габбро-диабазов // Тез. докл. Докучаевских молодежных чтений «Методологические проблемы современного почвоведения», СПб., – 2001. – С. 104-105.

5. Панова Е.Г., Гавриленко В.В., Матинян Н.Н., Шешукова А.А. Геохимическая оценка загрязнений почвенного покрова Валаамского архипелага // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, М.: РАН, – 2002. – № 6, – С. 500-505.

6. Шешукова А.А. Почвы на массивно-кристаллических породах Северо-Запада России // Тез. докл. X Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов - 2003», М., – 2003. – С. 156-157.

7. Шешукова А.А. Различия минерального состава магматических почвообразующих пород Валаамского архипелага // Тез. докл. XI международной

конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов - 2004», М., – 2004. – С. 182-183.

8. Шешукова А.А. Геохимический состав главных магматических почвообразующих пород острова Валаам // Материалы по изучению русских почв. Вып. 5 (32), СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, – 2004. – С. 131-135.

9. Sheshukova A.A. Mineralogical composition of soils on gabbro-dabase on Valaam island // Materials of the IV International Conference on Cryopedology «Criosols: genesis, ecology and management», Arkhangelsk-Pinega, 2005 (August 1-8). – P. – 24-25.

10. Шешукова А.А., Табунс Э.В. Литологический контроль геохимической специализации почв о. Валаам // Материалы XVI конференции молодых ученых «Геология и геоэкология: исследования молодых», Апатиты, 2005 (октябрь). – С. 417-419.

11. Шешукова А.А., Шибина Т.Д., Матинян Н.Н. Минеральный состав магматических почвообразующих пород острова Валаам // Вестн. С.-Петерб. Ун-та. – 2006. – Сер. 3. Вып. 1, СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та. – С. 125-130.

Подписано в печать 27.04.2006.

Формат бумаги 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.

Печать ризографическая. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 3777.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии НИИХ СПбГУ.

198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр.26