Науки о Земле: задачи молодых

Материалы 69-й научной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 200-летию Российского минералогического общества

Петрозаводск
2017

ФАНО России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии Карельского научного центра РАН
Карельское отделение Российского минералогического общества
Петрозаводский государственный университет

НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ЗАДАЧИ МОЛОДЫХ

Материалы 69-й научной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 200-летию Российского минералогического общества

Петрозаводск

13-14 апреля 2017 год

Петрозаводск – 2017

УДК 55:001.891(063)
ББК 26.3
Н34

Науки о Земле: задачи молодых. Материалы 69-й научной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 200-летию Российского минералогического общества. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. – 59 С.

В сборник вошли материалы 69-й научной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Науки о Земле: задачи молодых», посвященной 200-летию Российского минералогического общества. Материалы представлены студентами кафедры геологии и геофизики Петрозаводского государственного университета, а так же молодыми учеными и аспирантами ИГ КарНЦ РАН, СПбГУ, КФУ, ИАЗ ЮНЦ РАН, ТГУ. Сборник состоит из трех тематических частей – геология, геоэкология и геофизика.

ISBN 978-5-9274-0773-6

Члены редколлегии: Щипцов В. В., Максимов О. А., Товпенец Т. Ю.
Материалы конференции отпечатаны в авторской редакции

Оргкомитет конференции

Председатель:
Щипцов В. В. - д.г.-м.н., зав. лаб. ИГ КарНЦ РАН,
зав. кафедрой ГиГ ПетрГУ, проф. ПетрГУ, член РМО
Зам. председателя:
Светов С. А. - д.г.-м.н., врио директора ИГ КарНЦ РАН, проф. ПетрГУ
Члены оргкомитета:
Бородулина Г. С. - к.г.-м.н., с.н.с. ИВПС КарНЦ РАН, доцент ПетрГУ
Крутских Н. В. - к.г.н., с.н.с. ИГ КарНЦ РАН
Первунина А. В. - к.г.-м.н., ученый секретарь ИГ КарНЦ РАН,
ст. преподаватель ПетрГУ, член РМО
Рязанцев П. А. - к.г.-м.н., ученый секретарь КарНЦ РАН, преподаватель ПетрГУ
Нестерова Н. С. - к.г.-м.н, м.н.с. ИГ КарНЦ РАН, член РМО
Слабунов А. И. - д.г.-м.н., зав. лаб. ИГ КарНЦ РАН, проф. ПетрГУ
Слуковский З. И. - к.б.н., н.с. ИГ КарНЦ РАН
Чаженгина С. Ю. - к.г.-м.н., с.н.с. ИГ КарНЦ РАН,
ученый секретарь Карельского отделения РМО
Секретариат оргкомитета*:*
Максимов О. А. - м.н.с. ИГ КарНЦ РАН, член РМО
Товпенец Т. Ю. - м.н.с. ИГ КарНЦ РАН

ISBN 978-5-9274-0773-6

© Карельский научный центр РАН, 2017
© Институт геологии КарНЦ РАН, 2017

Содержание

I. СЕКЦИЯ «ГЕОЛОГИЯ».....5

Бакаева А. В.. Минералого-геохимическая характеристика архейской коры выветривания коматиитов Койкарской структуры (Центральная Карелия) 5

Ворго Д. А.. Рудная минерализация и генезис золото-лимонитового проявления Южка (Эльмусская площадь, Карелия).....7

Гавриленко В.В.. Применение геофизических методов при поисково-оценочных работах на блочный камень (на примере проявления гранитов «Горный» Ленинградской области).....9

Джаманcартова О. М.. Палеопротерозойские министроматолиты Карелии 11

Лазарев А. В.. Рудная минерализация в щелочно-железо-магнезиальных метасоматитах месторождения Максово (Онежская структура) 13

Лезжов А. М.. Изучение морфологических особенностей кристаллов кальцита и включений в кристаллах из каменноугольных известняков (р. Рагуша, Ленинградская область) 15

Лютиков А. В.. Избранные трилобиты из коллекции ПетрГУ.....17

Маслова Д. С.. Литолого-минералогические преобразования песчаных коллекторов Ашальчинского битумного месторождения при воздействии на них водяным паром.....19

Панфилов А. А.. Символика многогранника Дюрера 20

Рожков И. Ю.. Конгломераты Кайкана как возможный источник россыпного золота и алмазов (Кооперативная Республика Гайана).....23

Шайдуллина Д. Т.. Нефтяные залежи в терригенных комплексах бобриковского горизонта южного склона Южно-Татарского свода 25

Юричев А. Н.. Уваровиты агардагского ультрамафитового массива (Южная Тыва) 27

Яруков А. В.. Геология района поселка Гирвас.....29

II. СЕКЦИЯ «ГЕОЭКОЛОГИЯ» 32

Аверьянова М. В.. О первом этапе формирования подземных вод 32

Новицкий Д. Г.. Связь гранулометрического и химического состава донных отложений малых урбанизированных водоемов Республики Карелия 34

Светова К. С.. Марциальная вода: химический состав, условия образования и нормы потребления.....36

Столяров В. В.. Аномалии свинца в альпийских ландшафтах Зольского района Кабардино-Балкарской Республики 39

Сыроежко Е. В.. Использование геофизических и геохимических методов при эколого-геологических исследованиях озер на примере малых озер г. Петрозаводска.....41

III. СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА».....44

Бурдюх С. В.. Исследование фазового перехода в пленках диоксида ванадия.....44

Дейнес Ю. Е.. Геофизические методы при поисках и оценке залежей максовитов.....46

Зуева И. А.. Сейсмическая сеть Костомукшского района.....48

Казанович Л. В., Юзвюк М. Х.. Взаимодействие электрического поля атмосферы и приповерхностного слоя земли при прохождении грозовых фронтов в Карелии 49

Кондаков А. А., Лебедев А. А., Зуева И. А.. Мониторинговые сейсмологические наблюдения карьерных взрывов на АО «Карельский окатыш» 52

Павловская Е. А.. Строение и генезис котловин малых озер юго-восточного Приладожья по данным георадиолокации и электротомографии 54

Родионов А. И.. Выделение локальных объектов в песчано-гравийной толще методом георадиолокации.....56

I. СЕКЦИЯ «ГЕОЛОГИЯ»

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРХЕЙСКОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КОМАТИИТОВ КОЙКАРСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАРЕЛИЯ)

Бакаева А. В. (ИГ КарНЦ, sashe-ku@yandex.ru)
Научный руководитель – д.г.-м.н. Светов С. А. (ИГ КарНЦ РАН)

Коры выветривания являются ключевыми объектами для изучения палеоклиматических обстановок прошлого и реконструкции физико-химических процессов выветривания. На территории Восточной Фенноскандии подобные образования детально изучены и описаны в Лехтинской, Хизоваарской, Кумсинской структурах, где они формируются преимущественно по средне-кислым (реже мафитовым) породам [1, 3].

На территории Центральной Карелии, благодаря исследованиям сотрудников ИГ КарНЦ РАН Световой А.И. и Рыбакова С.И. был установлен фрагмент мезоархейской коры выветривания коматиитов в Койкарской структуре Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса [6].

Целью работы являлось минералого-геохимическое изучение пород по профилю выветривания (коматииты – туфы коматиитов – кора выветривания – граувакки).

Разрез коматиитовой серии Койкарской структуры детально описан в работе [4], кора выветривания сформирована на верхней части коматиитового разреза. Профиль коры выветривания представлен (снизу вверх): массивными лавами коматиитов, перекрываемых слоем туфов коматиитов, на котором непосредственно сформирована кора выветривания. Мощность реликта остаточной коры от 0,7 до 0,9 м [6]. Выше по разрезу кора перекрывается вулканомиктовыми и мафитовыми граувакками.

В ходе полевых работ было проведено опробование профиля выветривания (отобраны 20 проб с интервалом 5 см). Изучение минерального и химического состава проводилось в Аналитическом центре Института геологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск). Морфология и химический состав минералов были изучены СЭМ методом на VEGA II LSH (Tescan) с микроанализатором INCA Energy 350 (Oxford instruments), содержания петрогенных элементов в пробах выполнялось методом мокрой химии, концентрации редких и редкоземельных элементов в пробах измерялись на квадрупольном масс-спектрометре X-SERIES 2 Terhmo scientific по методике [5].

По полученным данным установлено, что кора выветривания представлена мелкозернистыми хлорититами [6] (сформированными пикнохлоритом). Породы субстрата помимо хлорита содержат актинолит и роговую обманку. Роговая обманка установлена только в виде реликтов в центре крупных зерен амфиболов и замещается актинолитом, в связи с чем по направлению от субстрата к коре количество роговой обманки в породах значительно уменьшается. Акцессорные минералы по всему разрезу представлены титанитом с включениями рутила и ильменита, апатитом и единичными зернами цирконов. Количество включений в титаните и их размер в коре уменьшаются. Постоянный состав хлоритов и акцессорных минералов свидетельствует о том, что метаморфические процессы

произошли после формирования коры выветривания и затронули все слои изучаемого разреза [2].

Изучение содержаний петрогенных и редкоземельных элементов в породах показало, что кора выветривания относительно субстрата обогащена TiO_2, концентрация которого достигает в коре выветривания (1,3±0,8 вес.%) и Al_2O_3 (22,6±0,1 вес.%), при уменьшении в ней содержания SiO_2 (30.9±0.3 вес.%) и щелочных, щелочноземельных элементов (Na_2O=0.02±0.01 вес.%, K_2O=0.01±0.005 вес.%, CaO=1.2±0.1 вес.%) (табл. 1). Подобное поведение элементов является характерным признаком химического выветривания. Концентрации РЗЭ в коре выветривания значительно выше ($\Sigma_{РЗЭ}$ - 39 ppm) по сравнению с породами субстрата (туфами ($\Sigma_{РЗЭ}$ - 10 ppm) и лавами ($\Sigma_{РЗЭ}$ - 15 ppm) коматиитов). Спектр распределения РЗЭ коры выветривания близок породам субстрата.

Для характеристики процессов формирования коры выветривания были рассчитаны соответствующие индексы (CIA [9], Al_2O_3/SiO_2, Ti/Zr). Индекс CIA в коре выветривания составил в среднем 91±1, тогда как в лавах 46±3 и 37±5 в туфах, что отражает интенсивное химическое выветривание. Данный тренд согласуется с распределением Al_2O_3/SiO_2 в разрезе. Кора выветривания обогащена Al_2O_3, что является характеристикой интенсивного глинообразования. Для кор выветривания характерно накопление маломобильных элементов: Al, Ti, Zr. Отношение Ti/Zr, в коре и субстрате не должно превышать 40% [7], в изучаемом объекте значение составляет 122±5 и 137±21 в коре и туфах соответственно, что является важным маркером коры выветривания.

Таблица 1. Средний химический состав туфов, лав коматиитов и коры выветривания.

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO_{tot}	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	Сумма
Кора	30,91	1,33	22,55	19,90	0,24	23,67	1,18	0,02	0,01	0,12	0,08	100,00
Туфы	49,46	0,29	8,23	10,48	0,20	23,09	7,80	0,07	0,01	0,03	0,33	100,00
Лавы	48,31	0,53	12,33	11,65	0,19	17,78	5,35	0,45	0,11	0,06	3,25	100,00

Примечание: содержание оксидов приводится в весовых %, пересчитаны на безводный остаток.

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- минералого-геохимические характеристики (однородный состав, отсутствие кластического материала) коры выветривания свидетельствуют о ее непереотложенном типе и о формировании без участия процессов физической дезинтеграции и привноса терригенной компоненты;
- высокие значения индекса химического выветривания CIA [9] (91±1) и Al_2O_3/SiO_2 (0.73±0.01), модуля, обогащение РЗЭ (например, [8]) являются индикаторами зрелой коры, сформированной в результате интенсивного химического выветривания;
- взаимоотношения разреза коры выветривания с секущими телами дацитов в Койкарской структуре позволяет оценить время ее формирования как близкое к времени образования коматиит-базальтовой серии в интервале 3000 - 2930 млн лет [4].

Изученный фрагмент коры выветривания коматиитов Койкарской структуры является уникальным по времени формирования и степени сохранности объектом, потенциально перспективным для дальнейших реконструкций палеоклиматических и геодинамических режимов характерных для архея Фенноскандинавского щита [2].

Список литературы:

1. *Алфимова Н. А., Матреничев В. А.* Континентальное выветривание в раннем докембрии: особенности минеральных преобразований и состав гипергенных растворов // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 41. С. 518–529.
2. *Бакаева А. В., Чаженгина С. Ю., Светов С. А.* Реликт мезоархейской коры выветривания коматиитов Койкарской структуры (Центральная Карелия) // Вестник СПбГУ, серия геология и география. 2017 (в печати).
3. *Негруца Т. Ф.* Палеогеография и литогенез раннего протерозоя области сочленения карелид и беломорид. Ленинград. Изд-во ЛГУ. 1979. 255 с.
4. *Светов С. А.* Магматические системы зоны перехода океан – континент в архее восточной части Фенноскандинавского щита. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 2005. 230 с.
5. *Светов С. А., Степанова А. В., Чаженгина С. Ю., Светова Е. Н., Рыбникова З. П., Михайлова А. И., Парамонов А. С., Утицына В. Л., Эхова М. В., Колодей В. С.* Прецизионный (ICP-MS, LA-ICP-MS) анализ состава горных пород и минералов: методика и оценка точности результатов на примере раннедокембрийских мафитовых комплексов // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 7. С. 54–73. doi: 10.17076/geo140
6. *Светова А. И., Рыбаков С. И.* Архейская кора выветривания в осадочно-вулканогенных комплексах Койкарской структуры (Центральная Карелия) // Геология и петрология. Оперативно информационные материалы. КарНЦ РАН, Петрозаводск. 1987. С. 10–15.
7. *Maynard J. B.* Chemistry of modern soils as a guide to interpreting Precambrian paleosols. J. Geol. 100. 1992. P. 279–289.
8. *Nesbitt H.W.* Diagenesis and metasomatism of weathering profile, with emphasis on Precambrian paleosols, in Weathering, Soils & Paleosols (eds. I. P. Martini and W. Chesworth), Elsevier, New York. 1992. P. 127–152.
9. *Nesbitt H. W. and Young G. M. Nesbitt, H.W., Young, G.M.* Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of litites. Nature 299. 1982. P. 715–717.

РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ГЕНЕЗИС ЗОЛОТО-ЛИМОНИТОВОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ЮЖКА (ЭЛЬМУССКАЯ ПЛОЩАДЬ, КАРЕЛИЯ)

Ворго Д. А. (ПетрГУ, barkertarja@rambler.ru)
Научный руководитель - к.г.-м.н. Кулешевич Л. В. (ИГ КарНЦ РАН)

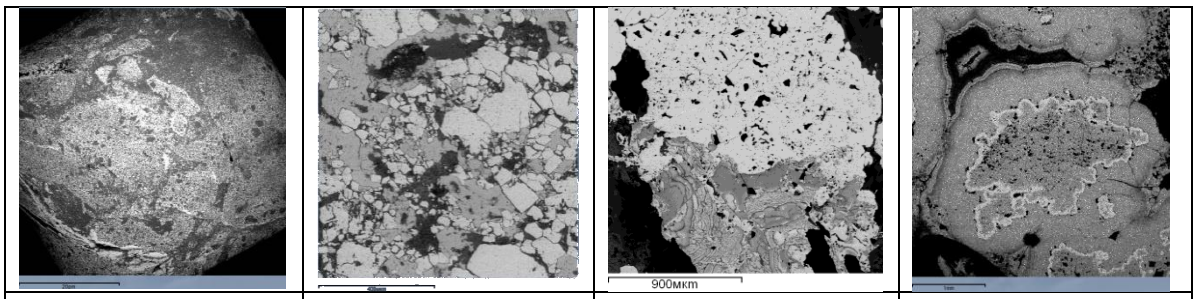
Основная цель работы: изучение минералогии золото-лимонитового проявления Южка.

Задачи исследования: 1) изучение состава колчеданных руд, развитых на проявлении; 2) изучение минеральных ассоциаций зоны окисления и формы выделения золота; 3) установление генезиса проявления Южка.

Методика работы. Фактический материал (из коллекции Кулешевич Л. В.) представлял собой образцы руд, из которых были изготовлены порошки и аншлифы. На следующем этапе образцы изучали при помощи микрозондового анализа. Для диагностики гидроксидов-оксидов использовался рентгеноструктурный и термический анализы, а так же рамановская спектроскопия.

Геологическое положение. В геологическом плане рудопроявление Южка приурочено к зеленокаменным породам Эльмусской площади в центральной Карелии. Оруденение локализовано в трещинной зоне, имеющей простирание с аз. 70° СВ. По этой зоне происходит дробление пород, развивается линейная кора выветривания и происходит окисление вмещающих толщ и колчеданных руд. Вмещающие породы представлены архейскими серицит-карбонат-кварц-хлоритовыми сланцами (~3.0-2.86 млрд. лет), перекрытыми кварцитопесчаниками и кварцевыми гравелитами (PR_1 jt_1, 2.3-2.1 млрд. лет). Сланцы интенсивно дезинтегрированы и ожелезнены, они содержат раздробленные кварцевые жилы, и горизонты окисленных колчеданных руд.

Колчеданные руды центральной части Эльмусской площади прослеживаются от участка Талпус до проявления Южка. На участке Южка руды подсечены в нижних частях геологического разреза (в С-635 до глубины ~300 м). Они образуют линзующиеся густо-вкрапленные залежи [3]. В тектонической зоне колчеданные руды дробятся и окисляются: в них фиксируются брекчеевидные текстуры (рис. 1), ограненные и раздробленные кристаллы пирита, редкие зерна кобальтина, галенита, тетраэдрита, подобные ассоциациям участка Талпус [1]. В начальных стадиях окисления наблюдается потемнение руд, замещение гематитом и затем гидроокислами, вплоть до образования железной шляпы.



а	б	в	г

Рис. 1. Брекчированные колчеданные руды: а - брекчиевидная текстура, б - раздробленные кристаллы пирита, в – пирит замещается гематитом, г – кокардовая текстура лимонитовой зоны.

Зона окисления. Параметры лимонитовой зоны 0.3÷0.5 х 1 км. Замещение лимонитовым материалом колчеданов сопровождается образованием рыхлых образований и более плотной «железной шляпы». Вся зона в целом представляет собой желтовато-коричневую (ржавую) рыхлую, пористую, либо плотную сцементированную лимонитовым материалом неоднородную породу с большим количеством кварцевых обломков и ожелезненных сланцев. Текстуры лимонитов неоднородные, обломочные, натечные, рыхлые, зональные,

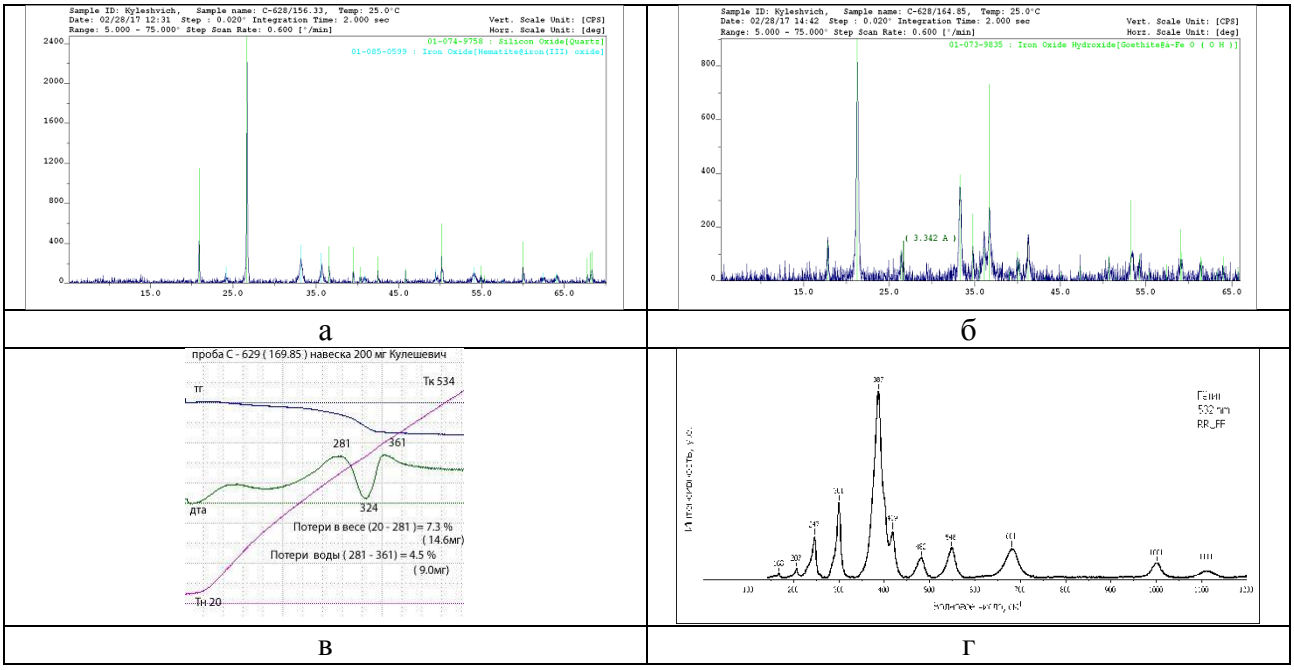


Рис. 2. Диагностика минералов зоны окисления: а – рентгеновский анализ (гематит); б- рентгеновский анализ (гётит); в – термический анализ (гидрогетит), г – рамановская спектроскопия (гетит).

кокардовые. Структуры – неравномернозернистые. Зона окисления сложена гематитом, гетитом, гидрогетитом. Это подтверждается методами рентгеновского и термического анализа и Рамановской спектроскопии (рис. 2).

Благороднометалльная минерализапция представлена тонкодисперсным золотом с содержанием Ag 1-10 %. Размер золотин <4-1 мкм, встречаются пленочные формы. Золото обычно выделяется как новообразованное непосредственно в лимонитовой массе и почках гетита. Источником золота, как предполагается, могли быть, как окисленные колчеданные руды, так и рудная минерализация раздробленных кварцевых жил и вкрапленности во вмещающих сланцах. Содержание золота в зоне окисления достигает 1,72-2,6 г/т [2].

Заключение. 1). Линейная зона окисления проявления Южка сформировалась по трещине СВ простирания вблизи контакта разнородных пород (AR-PR). Зона окисления развивается как по вмещающим сланцам, так и по колчеданным рудам. 2). В брекчированных колчеданных рудах сохраняется пирит (кубический и раздробленный, подобный пириту участка Талпус-колчеданный), а также акцессорные сульфиды. 3). Лимонитовая зона представлена гётитом, гематитом, гидрогётитом. Гематит развивается в нижней части зоны по колчеданным рудам. Гётит и гидрогётит образуются ближе к поверхности в сильно обводненной зоне. 4). Минеральный состав зоны окисления подтвержден разными методами: термическим и рентгеновским анализами, рамановской спектроскопией. 5). В зоне окисления золото накапливается в тонкодисперсной форме в виде чешуек и пленок в почках гётита и рыхлой массе. Содержание Au на разных глубинах достигает 1.72-2.6 г/т. 6). По генезису рудопроявление представляет собой современную (четвертичную) линейную кору выветривания и зону окисления по брекчированным архейским сланцам с обломками кварцевых жил и раздробленными колчеданами, которые могли быть источником золота.

Список литературы

1. *Кулешевич Л. В., Лавров О. Б., Дмитриева А. В.* Золото-сульфоарсенидная минерализация проявления Талпус, Эльмусская площадь, Карелия // Труды XII Всероссийской с межд. участием Ферсмановской научной сессии, посв. 80-летию со дня рождения акад. РАН Ф.П. Мирофанова. Апатиты, 2015. С. 130-134.

2. *Булавин А. В., Добрынина Д. Н., Олейник И. Л.* Новые данные о золотоносности Эльмусской площади (Центральная Карелия) // Материалы международной конференции «Золото Фенноскандинавского щита». Петрозаводск. 2013. С. 16-19.

3. *Кулешевич Л. В., Сенькин Н. Н.* Рудная минерализация золото-гетит-гематитового проявления Южка, Центральная Карелия // Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междунар. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (г. Пермь, ПГНИУ, 24–28 августа 2015 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – 270 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТАХ НА БЛОЧНЫЙ КАМЕНЬ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГРАНИТОВ «ГОРНЫЙ» ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Гавриленко В.В. (ПетрГУ, vladislav_gavrilenko@yahoo.com)
Научный руководитель – Соколов С. Я. (ИГ КарНЦ РАН)

Участок недр «Горный» расположен в Выборгском районе Ленинградской области, в 34 км к северо-западу от г. Выборг, в 6 км к северо-западу от п. Яшино и в 18 км к северо-западу от пос. Селезнево [3ф]. В геолого-структурном плане территория участка расположена в юго-восточной части Свекофенской складчатой области и локализована в

пределах Выборгского блока. Непосредственно участок недр «Горный» находится в пределах Выборгского гранитного массива раннепротерозойского возраста четвертой фазы внедрения. Граниты, слагающие его, представляют собой средне - мелкозернистую породу красновато-коричневого цвета массивной текстуры. Граниты переходного состава, от гранитов до сиенитов, относятся к первой фазе внедрения. Вторая фаза представлена порфировидными амфибол-биотитовыми и биотитовыми средне- и крупнозернистыми гранитами рапакиви. К третьей фазе отнесены трахитоидные биотитовые среднезернистые и порфировидные средне-мелкозернистые граниты [1ф,2ф]. Интрузивные породы района представлены гранитами центральной части Выборгского массива (Выборгский комплекс анортозит-рапакивигранитный рифейского возраста), значительная часть которого находится на территории Финляндии.

За последние десятилетия, в период 2013-2015гг в ИГ КарНЦ РАН группой Соколова С.Я. разработан комплекс методов геофизики на блочный камень (граниты), включающий в себя: магниторазведку, электроразведку и георадарное профилирование [1,2,3,4ф,5ф]. Сотрудниками Института геологии в тесном сотрудничестве со специалистами ПО УК «Возрождение» проводились работы на следующих месторождениях грантов: «Возрождение», «Балтийское», «Елизовское-1», «Ванжозеро», «Колатсельгское» и «Сюксюярви». В результате этих работ получена более достоверная информация о качестве и количестве запасов блочного камня. За счет увеличения запасов месторождения «Балтийское» продлен срок его работы на 15 лет, а проявление гранитов «Елизовское-1» прошло путь от поисково-разведочной стадии до отработки первых десяти тысяч кубических метров блоков всего за 18 месяцев.

Разработанная методика оценки гранитных массивов на блочное сырье была использована при изучении участка «Горный». Геолого-геофизические работы на данном участке проводились в следующей последовательности: 1-ый этап - изучение фондовых материалов, дешифрирование космоснимка, разбивка сети наблюдений 50х5 м, магниторазведочные работы; 2-ой этап – электроразведочные работы методом сопротивления в модификации электротомографии, георадарные профильные исследования, геологические расчистки, разбуривание перспактивной площади. В результате первого этапа работ была выявлена перспективная площадь на блочный камень. Второй этап позволил получить данные о зонах тектоники, оперяющей их трещиноватости, о частоте проявления субгоризонтальных трещин, об однородности сырья, о степени выветрелости пород и мощности четвертичных отложений.

В результате всестороннего геолого-геофизического изучения участка недр «Горный» составлена схема предполагаемого распределения сырья, которая будет использована при подсчете запасов блочного камня. Использование геофизических методов, как на проявлениях блочного камня, при поисково-разведочных работах, так и действующих месторождениях гранитов при эксплуатационной разведке, дают высокоинформативные результаты, повышающие качество геологоразведочных работ и рентабельность производства.

Список литературы:

1. *Гринкевич. Г. И.* Магниторазведка:Учебник. - М. : Недра, 1987г
2. *Соколов С. Я., Рязанцев П. А., Климовский А. В., Нилов М. Ю.* Геофизические методы изучения природной толщи на объектах облицовочного камня. Горный журнал. 2011г.
3. *Старовойтов А. В.* Интерпретация–георадиолокационных данных Изд-во:МГУ. 2008г.

Список фондовой литературы:

1ф. *Афанасов М. Н.* Отчет о проведении работ на объекте ГДП, ГГД-ЭГИЕ-200 и ГСШ-20 карельского перешейка и западной части акватории Ладожского озера Р-35- XXIX, XXX, ФБУ «ТФГИ по СЗФО». 2002г,

2ф. *Митюшев В. П., Уставникова Н.В.* Отчет о поисках месторождений гранитов для получения блоков, пригодных на заготовки валов бумагоделательных машин, проведенных в Выборгском районе Ленинградской области в 1977-78 гг.

3ф. *Кузьминых Е. Н.* Проект на выполнение геологического изучения, разведки и добычи облицовочного камня на участке недр "Горный" в Выборгском районе, Ленинградской области, в 2016-2017 гг., ГУ ПО «Возрождение» – 2016г.

4ф. *Соколов С. Я.* Отчет по теме № 575 Геофизические исследования на участке № 8 месторождения Возрождение. Институт геологии Карельского научного центра РАН 2013г.

5ф. *Соколов С. Я.* Отчет по теме № 583 «Геофизические исследования на участке месторождения Балтийское.Институт геологии Карельского научного центра РАН. 2013г.

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ МИНИСТРОМАТОЛИТЫ КАРЕЛИИ

Джаманcартова О. М. (ИГ КарНЦ РАН, eflats@mail.ru)
Научный руководитель – к.г.-м.н. Медведев П. В. (ИГ КарНЦ РАН)

Данная работа посвящена изучению морфологических и текстурно-структурных признаков палеопротерозойских (2,5-1,6 млрд.л.н.) министроматолитов Карелии на макро- и микроуровне, так как установлено [4], что физико-химические условия среды, в которых сформированы строматолиты, влияют на их морфологию (формы и размеры). Эти исследования способствуют пониманию особенностей развития строматолитовых комплексов Карелии и уточнению местной стратификации осадочных толщ нижнего протерозоя.

Методика исследования. Детальное описание образцов строматолитов из коллекции ИГ КарНЦ РАН. Из наиболее перспективных для дальнейшего изучения образцов были сделаны шлифы, которые изучались при помощи оптического микроскопа Альтами и электронного микрозонда Тескан.

В осадочном комплексе палеопротерозоя Карелии выделены палеонтологические объекты из слоев с Litophyta, которые оказывают существенную помощь в разрешении вопросов стратиграфии и корреляции [1]. Среди них рассматриваются два подотдела – онколиты и строматолиты [2]. Строматолиты (Stromatophyceae) – класс ископаемых фитогенных построек, прикрепленных к субстрату и имеющих характерные морфологические и текстурно-структурные признаки, позволяющие отличать их от сходных неорганических образований. Среди них выделяют пять классов, наименее изученным классом является Ministromatophyceae. Министроматолиты (Minitromatophyceae) – это строматолиты размерностью, обычно не превышающей 1 см. Могут быть как единичными структурами, отдельными участками строматолитовых комплексов, так и породообразующими [7].

В классе Ministromatophyceae установлено три основные макроструктуры, выделение которых основано на формальной морфологической типизации: столбчатые, пластовые и желваковые [7]. Столбчатые структуры отличаются наибольшим разнообразием морфологических форм построек и имеют более дробные подразделения: одиночные неветвящиеся столбики и ветвящиеся, с каймой и без каймы, с отчетливыми и неявными наслоениями. При микроскопическом изучении палеопротерозойских строматолитов

Карелии было выделено четыре основные микроструктуры: зернистая, ленточно-зернистая, сгустковая, ленточно-сгустковая (Рис.1).

Детально изучена макро- и микроструктура министроматолитовых построек Klimetia torosa Mak.1978: одиночные столбчатые постройки, с каймой и явными наслоениями, с зернистой микроструктурой. Проведен микрозондовый анализ двух образцов, таким образом, определен их вещественный состав: чередование доломитовых и кремнистых неравномерных участков размерностью от первых микрометров. Вмещающая порода так же состоит из доломита и кремния и в ней зафиксированы следующие минералы: ангидрит, флогопит, фторапатит, гематит, кварц. Таким образом, по доломитовому составу и включению такого водорастворимого минерала, как ангидрит, подтверждены условия формирования: эвапоритовая морская среда, мелководная прибрежная зона.

В результате выявлены основные морфологические типы министроматолитов палеопротерозоя Карелии, изучены микроструктуры и проведен микрозондовый анализ отдельных экземпляров, позволяющий уточнить условия их формирования.

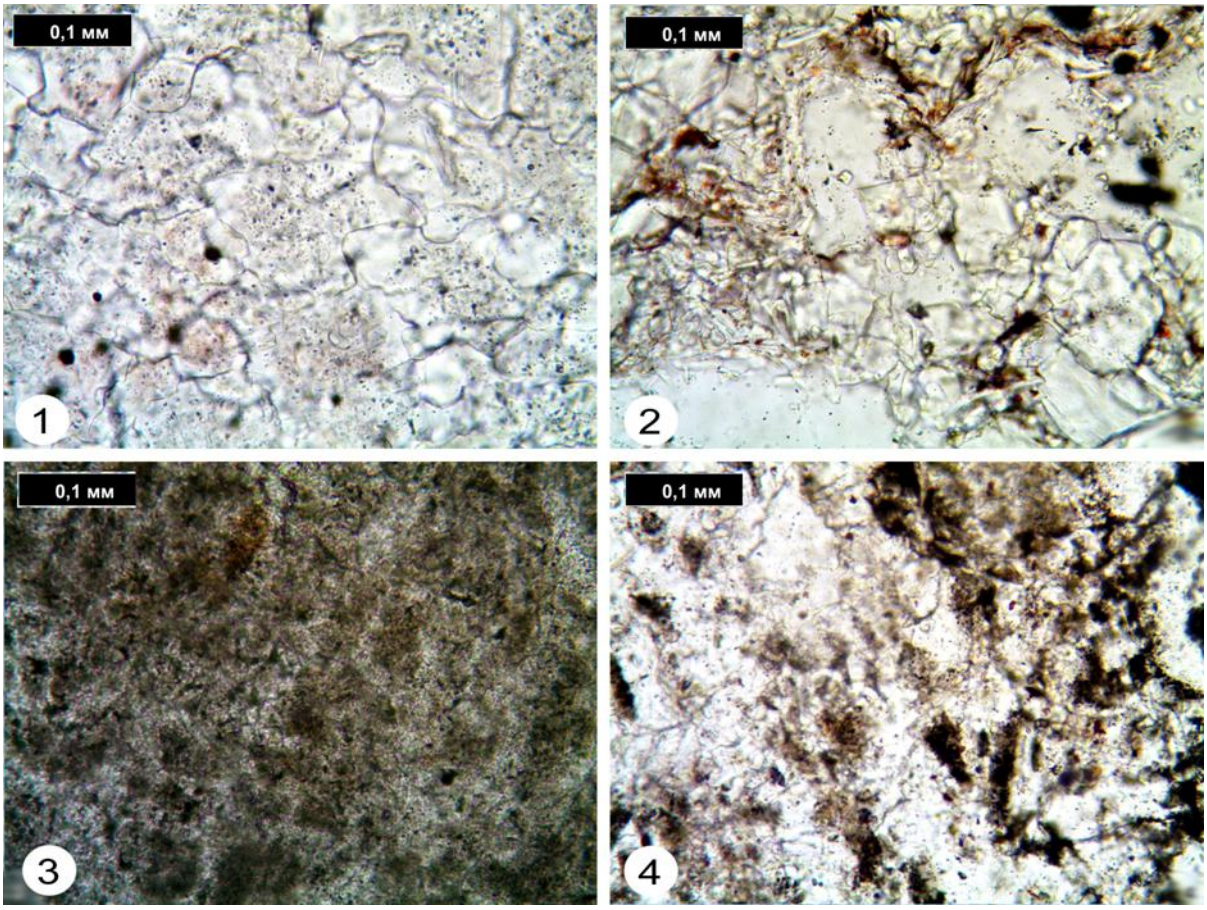


Рис.1. Микроструктуры палеопротерозойских министроматолитов Карелии: зернистая(1), ленточно-зернистая(2), сгустковая(3), ленточно-сгустковая(4)

Список литературы:

1. *Макарихин В. В., Медведев П. В., Сацук Ю. И.*. Расчленение и корреляция ятулия стратотипической местности // Очерки геологии докембрия Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1995. С. 72-83.

2. *Медведев П. В., Макарихин В. В.* Фитогенные постройки и их место в поле информации о биосфере. Эволюция жизни на Земле // Материалы III Междунар. симп. 1-3 нояб. 2005 г. Томск: Томский ун-т, 2005. С. 405–406.

3. *Макарихин В. В*. Палеонтологические исследования палеопротерозозоя Карелии // Геология Карелии от архея до наших дней / Под ред. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С.71-78.

4. *Матвеев В. А*.. Силурийские строматолиты поднятия Чернова западного склона Приполярного Урала: автореф. Дис. …кан-та геол.наук:25.00.02/ В.А.Матвеев. – Сыктывкар, 2016. – 24с.

5. *Медведев П. В., Макарихин В. В., Рычанчик Д. В*. Схема строения ятулийского надгоризонта, выбор опорных разрезов // Онежская палеопротерозойская структура / Под ред. Глушанина Л.В. и др. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С.52-61.

6. *Макарихин В. В., Кононова Г. М*.. Фитолиты нижнего протерозоя Карелии. Л.: Наука, 1983. 180 с.

7. *Раабен М. Е*.. Протерозойские министроматолиты / Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13, №4. С. 35-47.

РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ЩЕЛОЧНО-ЖЕЛЕЗО-МАГНЕЗИАЛЬНЫХ МЕТАСОМАТИТАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАКСОВО (ОНЕЖСКАЯ СТРУКТУРА)

Лазарев А. В. (ПетрГУ, 79216257723@mail.ru)
Научный руководитель – к.г.-м.н. Кулешевич Л. В. (ИГ КарНЦ РАН)

Целью работы было изучение рудной минерализации в зонах щелочно-железо-магнезиального метасоматоза на месторождении шунгитовых пород Максово в Онежской структуре. В задачи работы входило: 1) ознакомление с геологическим строением Онежской структуры и строением месторождения Максово; 2) сравнительная характеристика измененных и неизмененных пород (максовитов и основных туфоалевролитов); 3) геохимическая характеристика метасоматитов и 4) рудной минерализации. В работе использовались материалы по трем интервалам скважины 262, пробуренной в СВ части месторождения и подсекающей наиболее измененные породы месторождения. Для решения поставленных задач был проведен химический, ICP-MS и микрозондовый анализы разных типов пород и рудной минерализации, построение графиков по главным петрогенным и рудогенным элементам в программах MSExsel и тройных диаграмм составов рудных минералов в Triplot.

Онежская мульда представляет собой сложно построенную синклинорную структуру. Она сложена вулканногенно-осадочными отложениями палеопротерозоя, включающего надгоризонты: сумийский, сариолийский, ятулийский (свиты янгозерская, медвежьегорская, туломозерская), людиковийский (свиты заонежская, суйсарская), калевийский (свиты кондопожская, вашозерская), вепсийский (свиты петрозаводская и шокшинская). Максовское месторождение приурочено к людиковийскому надгоризонту, шестому горизонту шунгитоностных пород, ко второй продуктивной пачки верхней заонежской подсвиты. В структурном плане месторождение представляет собой линзу (700х500 м), вытянутую в СЗ направлении, образованную благодаря диапировой складке (по работам М.М. Филиппова). В северной части наблюдается небольшой перегиб этой структуры, к нему приурочено бречирование и метасоматическое изменение пород. По скважине 262 выделено 3 интервала пород, испытавших изменения: в интервале-1 – по максовитам (30% шунгитового вещества), в интервале-2 – по туфоалевролитам повышенной магнезиальности, в интервале-3 – по основным туфоалевролитам.

Изменённые максовиты интервала-1 (до 44 м) имеют бречкчиевидные, прожилково-гнездовые текстуры и мелко- и неравномерно-зернистые структуры. Изменения пород не полно проявленные (сохраняются участки слабо измененных максовитов), полистадийные (с неоднократно наложенными ассоциациями). Их минеральный состав: биотит, альбит, апатит, кальцит, кварц, рутил, титанит, сульфиды. Щелочной тип метасоматоза определяет ассоциация биотита, альбита, апатита и Ti-минералов. Содержание Na_2O повышается (в %) до 5,67, K_2O – 1,27, P_2O_5 – 2,8, TiO_2 – 0,64. Рудная минерализация в зонах изменения вкрапленная, вкрапленно-прожилковая, прожилковая. Сульфиды представлены виоларитом, халькопиритом, галенитом, пиритом, герсдорфитом, реже встречаются молибденит и сфалерит. Содержание рудогенных элементов достигает (в ppm): Ni – 462,2, Co – 12,77, Cu – 330,3.

Изменённые высокомагнезиальные туфоалевролиты интервала-2 (44-74 м) выделяются по слоисто-гофрированной и прожилковой текстуре и мелкозернистой структуре. Минералы метасоматитов: хлорит, тальк, биотит, карбонаты, апатит, рутил, сульфиды. Fe-Mg-тип метасоматитов определяют Fe-Mg-хлорит, тальк, более высоко-Mg-биотит, доломит. Содержания MgO достигают (в %) 19,41, ∑FeO – 14,26, Na_2O – 1,02, K_2O – 0,94. Рудная минерализация интервала-2 представлена виоларитом, пиритом, сфалеритом, каусталитом, галенитом, молибденитом, в единичном количестве встречается антимонит. Сульфиды имеют форму вкрапленников, прожилков и гнезд. Содержание рудогенных элементов составляют (в ppm): Ni – 496,4, Co – 60,55, Cu – 362,1.

Изменённые основные туфоалевролиты интервала-3 (74-109 м) имеют слоистые и прожилковые текстуры, иногда с наложенными метакристаллами кальцита, пятнистым выделением микроклина. Структуры пород мелко- и неравномерно-зернистые. Минералы метасоматитов: биотит, кварц, кальцит, альбит, апатит, микроклин, сульфиды. Выделяются участки с повышенным содержанием микроклина и биотита. Содержание K_2O достигает (в %) 7,57, MgO 14,75, ∑FeO 16,39, Na_2O 2,84. Рудная минерализация интервала-3 включает халькопирит, виолорит, пирит, сфалерит, молибденит, кобальтин, реже встречаются галенит, арсенопирит, клаусталит и герсдорфит. Рудные минералы имеют форму овальных, вытянутых или гипидиоморфных вкрапленников или гнезд. Содержание рудогенных элементов участках с прожилковыми сульфидами (в ppm): Ni – 633, Co – 362,8, Cu – 2037 (до 0,8 %), As – 183,3, Mo – 86,29, Se – 148,9.

В породах, затронутых щелочно-железо-магнезиальным метасоматозом, на всех трех интервалах скважины 262 преобладает сульфо-арсенидная минерализация (рис. 1). Содержание Co увеличивается в основных туфоалевролитах.

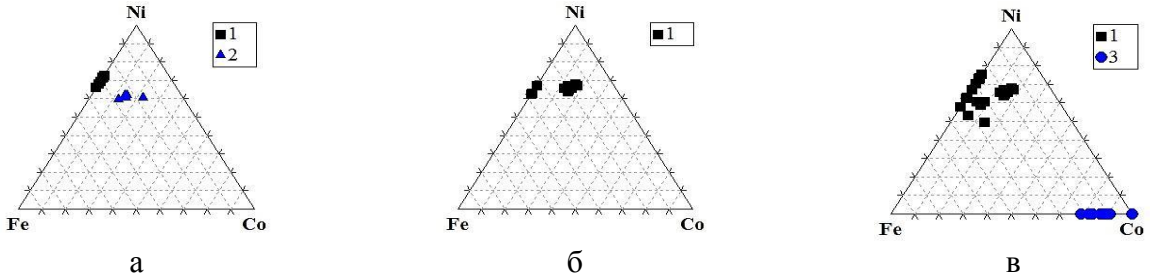


Рис. 1. Тройные диаграммы Fe-Ni-Co минералов трех интервалов измененных пород С-262: а – интервал-1, б - интервал-2, в – интервал-3. Условные обозначения: 1 - виоларит, 2 – герсдорфит, 3 – кобальтин.

В зонах метасоматического изменения содержание радиоактивных элементов увеличивается незначительно на границе перехода от измененных максовитов к

туфоалевролитам. В метасоматитах с прожилковой рудной минерализацией отмечается некоторые повышения концентраций РЗЭ, иногда Zr, Nb, Y.

Заключение: 1. В зоне наложенной деформации в СЗ части карьера месторождения Максово развиты щелочно-железо-магнезиальные метасоматиты, с ними сопряжено увеличение Na_2O, P, появляются прожилки альбита, биотита, апатита, хлорита.

2. Метасоматиты, выделенные в СВ части месторождения Максово, локализуются в области наложенной складки СЗ простирания. Они приурочены к зоне брекчирования.

3. Рудные минералы метасоматитов представлены пиритом, виоларитом, халькопиритом, герсдорфитом, кобальтином, реже сфалеритом, галенитом, клаусталитом, молибденитом, антимонитом. Они неравномерно развиты по всем трем интервалам С-262, образуя максимальные скопления в прожилках с альбитом, биотитом, апатитом, хлоритом и обеспечивая повышенные концентрации соответствующих элементов. Преобладают сульфоарсениды и сульфиды Fe-Ni-Co, локально сульфиды полиметаллов и молибденит, селениды встречаются реже. Высоких концентраций радиоактивных и РЗ элементов в зонах деформации и метасоматоза Максовского месторождения не наблюдаются. Однако фиксируется их незначительное увеличение на контактах разнородных пород и в ассоциации с сульфидами. Содержание Ni в измененных максовитах относительно неизмененных пород увеличивается в 5 раз, Co - в 3 раза. В измененных туфоалевролитах: Ni - в 6-7 раз, Co - в 2-7 раз.

4. Наличие сульфидов разных типов руд (сульфидов колчеданного семейства, Ni-Co сульфидов-сульфоарсенидов, Mo-полиметаллических - молибденита, галенита, сфалерита, а также клаусталита) и не совместимых элементов свидетельствует о комплексном характере растворов привносивших эти элементы и, по-видимому, разном источнике.

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КРИСТАЛЛОВ КАЛЬЦИТА И ВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ (Р. РАГУША, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лезжов А. М. (ПетрГУ, Arsenylez@gmail.com)
Научный руководитель - Ермош Н. Г.
(СПбГДТЮ, Клуб юных геологов им. Ак. В. А. Обручева)

Цель данного исследования: изучение морфологических особенностей кристаллов кальцита из каменноугольных известняков и включений внутри кристаллов.

Для этого были описаны образцы кристаллов кальцита (рис. 1), найденные в ходе полевых работ в долине реки Рагуши (Бокситогорский район Ленинградской области). Также под поляризационным микроскопом были изучены включения, находящиеся внутри кристаллов кальцита.

Характеристика пород долины р. Рагуши. Берега р. Рагуши представлены породами нижнего карбона, протвинского горизонта. Породы представлены доломитизированными известняками и доломитами. Мощность пород до 5 метров. Фауна в этих слоях крайне бедна и представлена в основном фораминиферами. Ниже протвинского горизонта залегает стешевский горизонт представленный алевритами и тонкозернистыми песками[1].

Методика работы. Собранные образцы фотографировались и описывались. Всего было описано 10 образцов кристаллов кальцита. В образцах кристаллов кальцита были изучены

морфологические особенности кристаллов. По этим особенностям была составлена история образования кристаллов кальцита. Из кристалла кальцита был сделан поперечный срез кристалла толщиной около 1 мм. В этой пластинке были описаны включения. Все включения фотографировались и описывались. Всего было описано 11 включений. Для определения температуры образования использовался метод гомогенизации т. е. определение минимальной температуры образования при нагревании газово-жидких включений [2].

Рис. 1. Образец 1. На фото видна зональность, присыпка, проявление расщепления. Фото автора, 2012.

Результаты наблюдений. Все полости, в которых были встречены кристаллы кальцита, находились в слое кавернозных известняков серовато-желтого цвета. Наибольшее количество кристаллов кальцита расположено в нижней части и на стенках полостей.

В ходе работы были обнаружены следующие морфологические особенности:

1). Все кристаллы кальцита имеют удлиненный призматический габитус. Размеры кристаллов кальцита от 3 до 9 см по удлинению и от 1,5 до 2 см в диаметре.

2). Обнаружена зональность, перпендикулярная удлинению, выделяемая по цвету. Центральная зона темно-желтая, диаметром до 5 мм. Вторая зона белая, шириной от 1 мм до 3 мм. Третья зона светло-желтая, шириной около 3 мм;

3). Выявлено расщепление кристаллов – несколько более мелких кристаллов растут от основания главных, ориентированы по направлению их роста;

4). Выявлено автоэпитаксическое нарастание мелких кристаллов кальцита на гранях главных кристаллов;

5). На всех кристаллах присутствует серо-желтая тонкозернистая присыпка.

По морфологическим особенностям кристаллов можно предположить следующую историю их образования:

1). Ранний этап становления кальцита – рост кристалла и формирование зональности сопровождаются процессом расщепления кристаллов;

2). На гранях уже сформированных кристаллов кальцита происходило автоэпитаксическое нарастание более мелких кристаллов;

3). На поздних этапах роста кальцита на гранях кристаллов отложилась серо-желтая тонкозернистая присыпка.

Рис. 2. Пример твердого включения в кальците. Фото автора, 2014.

При изучении под световым микроскопом пластинки кристалла

кальцита, обнаружены твердые и газово-жидкие включения. Твердые включения имеют форму четко выраженных ромбических и изометричных кристаллов (рис.2), а также включений имеющих хлопьевидную форму. Размер включений от нескольких десятков до сотен микрон. Включения преимущественно представлены кальцитом, сидеритом, доломитом.

Используя метод гомогенизации включений [2], была определена минимальная температура образования кристаллов кальцита равная 90 С°.

Список литературы:

1. *Савицкий Ю. В., Коссовая О. Л., Евдокимова И. О., Вевель Я. А*. Опорный разрез нижнего карбона реки Мсты // Путеводитель экскурсии 21-24 сентября 2012г. III Всероссийского совещания «Верхний палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия». - СПб., 2012. - 55 с.
2. *Золотарев А. А., Краснова Н. И*. Включения в минералах и использование для целей термометрии. С. Петербург, СПбГУ. 1995.

ИЗБРАННЫЕ ТРИЛОБИТЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ПЕТРГУ

Лютиков А. В. (ПетрГУ, Andrew-Greener@yandex.ru)
Научный руководитель – к.г.-м.н. Макарихин В. В. (ИГ КарНЦ РАН)

Класс трилобитов (Trilobita) относится к типу членистоногих. Эти животные жили в морях и океанах Земли в палеозойскую эру. Возникли трилобиты в кембрийском периоде, а вымерли в конце пермского. На сегодняшний день известно более 10 тысяч ископаемых видов [1].

Трилобиты (рис.1) имели хитиновый панцирь, пропитанный карбонатом или фосфатом кальция. Панцирь защищал их сверху. В случае опасности трилобиты умели сворачиваться в шар, защищая неприкрытое брюшко. В панцире трилобитов выделяют три части: головной щит (цефалон), туловищный отдел (торакс) и хвостовой щит (пигидий). Именно из-за такого разделения панциря трилобиты и получили свое название.

Развитие особи происходило с метаморфозом (последовательное превращение): яйцо-личинка-взрослая особь. Такой способ размножения присущ современным мечехвостам.

Трилобитов разделяют на растительноядных и хищников. Некоторые группы питались илом, другие — мелкими беспозвоночными, а некоторые — планктоном. Находки свидетельствуют, что одной из жертв трилобитов были неопознанные червеобразные существа.

У трилобитов были хорошо развиты глаза - они имели фасетчатое зрение.

Основная часть трилобитов обитала на дне палеозойских морей. Большинство трилобитов ползало по дну, но были и зарывающиеся формы, которые много времени проводили в тоще ила, и свободно плавающие, которые часть своей жизни проводили в толще воды [1].

Почему вымерили трилобиты? Учёными предложено несколько гипотез — от сильных извержений вулканов до падения крупных астероидов. Я думаю, что нет конкретно одной причины, скорее всего, это была совокупность причин, которая привела к гибели не только трилобитов, но и многих других животных того времени (пермское вымирание). Относительно морских организмов выдвинута такая гипотеза: примерно 250 млн. лет назад резко увеличились среднегодовые температуры, вода нагрелась, уровень кислорода во

Рис. 1. Образцы трилобитов ордовикского (O) и девонского (D) периодов.

многих слоях воды снизился и многие древние организмы, в том числе и трилобиты, задохнулись.

Панцири трилобитов часто встречаются в отложениях ордовикского, силурийского и девонского периодов. В России больше всего их в Ленинградской области, в ордовикских известняках. Трилобиты карбона и перми значительно мельче и менее известны. Чаще всего в каменноугольных известняках находят хвостовые части панцирей трилобитов. Возможно, это связано с процессом линьки, когда сброшенный панцирь разваливался на части, а более прочный пигидий сохранялся. Трилобиты из Ленинградской области и девонские трилобиты из Марокко продаются во всем мире и присутствуют во многих палеонтологических коллекциях. [1].

Для геологии трилобиты очень важны. Они являются руководящими ископаемыми для стратиграфии палеозоя: т.к. нам уже известно, когда жил определенный вид трилобитов, мы можем легко определить возраст отложений, в которых присутствуют остатки этого вида.

Мною изучены трилобиты из коллекции кафедры геологии и геофизики ПетрГУ. В основном это трилобиты ордовикского и девонского периодов: Elrathia, Hollardops, Phacops rona, Phillipsia и др. Из них я выбрал наиболее хорошо сохранившиеся, описал и сфотографировал (рис. 1).

Список литературы:
1. Палеонтологический портал www.ammonit.ru.

ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ АШАЛЬЧИНСКОГО БИТУМНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НИХ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Маслова Д. С. (КФУ, maslova.ds@mail.ru)
Научный руководитель – к.г.-м.н. Королев Э. А. (КФУ)

Для восполнения запасов углеводородов в Республики Татарстан активно разрабатываются технологии по извлечению битумов [2]. Одним из модельных объектом является Ашальчинское битумное месторождение, расположенное на территории Альметьевского района. В тектоническом плане месторождение приурочено к западному склону Южно-Татарского свода. В пределах месторождения выделяется до семи продуктивных битумных горизонтов, локализованных в песчаниках уфимского яруса среднего отдела пермской системы. Залежи преимущественно структурно-литологического типа, контролируются поднятиями по кровле уфимской песчаной пачки и ограничиваются по площади зонами выклинивания битумоносного песчаника. Доказано, что Ашальчинские битумы образовались за счет вертикальной миграции углеводородов из нижерасположенных нефтяных залежей, расположенных в известняках каменноугольной системы [2].

Особенностью Ашальчинского месторождения является малая глубина залегания битумных слоев. Поэтому одним из основных методов добычи тяжелых углеводородов является применение технологии парогравитационного дренажа. Температурные режимы в добывающих скважинах поддерживаются до уровня 180°С [1]. Подобное термическое воздействие на пласты-коллекторы вызывает акватермолиз нефтей, что способствует более эффективному их извлечению. При этом мало известно, что происходит со структурными компонентами битумоносных пород.

В данной работе предпринята попытка смоделировать на качественном уровне, какие процессы будут протекать в коллекторах при воздействии на них перегретым паром. Для этого из наиболее проницаемого и битумонасыщенного участка песчаного пласта-коллектора были отобраны образцы, из которых впоследствии изготавливались шлифы для оптико-микроскопических исследований, препараты для рентгенографического анализа, а также кубики и цилиндры для проведения физико-механических испытаний битумоносных пород.

Изучение битумоносных песчаников показало, что все они по составу полиминеральные, известковистые, равномерно пропитаны углеводородами, по структуре мелко-среднезернистые, участками алевритистые. Визуально породы характеризуются однородной

темно-коричневой окраской, редко в них встречаются плотные участки в виде зеленовато-серых обособлений.

Песчаники на 85-90% сложены обломками минералов и горных пород, на 10-15% – цементирующим материалом. Аллотигенная компонента средним размером 0,25-0,5 мм представлена полуокатанными удлиненными зернами кварца, окатанными изометричными обломками кремнистых пород, в меньшей степени угловатыми зернами полевых шпатов и редкими чешуйками хлорита и мусковита. Обломочный материал образует плотную структурную упаковку в объеме песчаных пластов. Обломки минералов и горных пород соприкасаются выпуклыми и заостренными участками поверхности, образуя контакты точечного типа. В породе фиксируются редкие области с регенерированными обломками кварца, формирующими кластерные сростки с выпукло-вогнутыми (конформными) контактами прилегания. Обломочный материал сцементирован карбонатно-глинистым цементом. Цемент порового типа, по структуре микро-тонкозернистый, по отношению к аллотигенной компоненте – независимая цементация, на контакте с кварцевыми зернами – коррозионный. Большая часть карбонатного цемента выщелочена, оставшиеся фрагменты фиксируются в виде оторочек по краям обломочных компонентов. Пористость песчаников варьирует от 10 до 15%. Поры межзерновые, сообщающиеся, часто образуют извилистые каналы диаметром 0,1-0,25 мм.

По данным рентгенографического анализа битумоносные песчаники сложены кварцем и халцедоном (55%), альбитом и микроклином (20%), кальцитом и доломитом (10%), а также глинистыми минералами (15%): смешанослойной фазой сложного состава, хлоритом, мусковитом.

Проведенное исследование позволило установить, что паротепловое воздействие на пласт приводит к акватермолизу нефтей с образованием газов и обогащенных кислородсодержащими структурными фрагментами веществ, что может способствовать более эффективному извлечению нефти из пласта. В то же время, к числу отрицательных эффектов акватермолиза нефтей относится образование агрессивных газов, способных вызвать коррозию оборудования [2].

Список литературы:

1. *Аристов Б. В., Пятов И.С.* Проблемы электронасосного погружного нефтедобывающего оборудования традиционного исполнения при добычи битумных и сверхвязких нефтей на примере эксплуатации скважин УЭЦН Ашальчинского месторождения // Добыча.С. 40-42.

2. *Малофеев В. В.* Геологическое обоснование повышения эффективности освоения месторождений сверхвязкихнефтей и природных битумов Татарстана. Автор.дисс. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М.: , 2011. – С. 24.

СИМВОЛИКА МНОГОГРАННИКА ДЮРЕРА

Панфилов А. А. (МОУ "СОШ № 6",г. Петрозаводск)
Научный руководитель – Ищенко М. А. (МОУ "СОШ № 6", г. Петрозаводск)

Рассматривая гравюру А. Дюрера «Меланхолия» (рис. 1), мы обратили внимание на многогранник неправильной формы, который располагается в центре работы, имеет внушительный размер и, несомненно, является предметом символическим. Известный химик А.А. Опаловкий указывает на то, что изображенный художником предмет есть не что иное,

Рис. 1. Гравюра А. Дюрера «Меланхолия».

как флюорит. [1]. Т.Б. Здорик также отмечает, что профессора Ленинградского горного института Д.П. Григорьев и И.И. Шафлановский, измерив углы точно начерченного художником кристалла, доказали, что изображен подлинный кристалл флюорита [2]. Если внимательно рассмотреть объекты, окружающие фигуру, несложно догадаться, в какой отрасли использовался этот минерал. Слева от кристалла изображен плавильный тигель, чуть ниже – кирка. Все эти предметы указывают на то, что в XVI веке флюорит активно применялся в горном деле. Об этом свидетельствует и замечание Г. Агриколы, передового ученого XVI века: «К сырой медной руде, взятой в количестве, достаточном для наполнения 18 сосудов… добавляют три тачки свинцовых шлаков, одну тачку сланцев, 20 фунтов легкоплавких камней, а также немного концентратов, полученных из медного шлака и настылей» [3]. Именно Агрикола дал название минералу - «флюорит». Оно возникло от латинского глагола «fluere» - «течь». Подводя итог вышесказанному, можно предположить, что символика флюорита, изображенного на гравюре Дюрера, связана с идеей развития науки и производства. Стоит также обратить особое внимание на образ летучей мыши

(вверху гравюры), который, по всей вероятности, является символом демонического начала (в Средние века летучих мышей считали приспешниками ведьм и колдунов, а также существами, в которых перевоплощаются бесы и вампиры, или же души грешников). Образ летучей мыши контрастирует с изображением звезды (кометы) – «божественным» началом, несущим благо людям. Итак, наука обращается к практике, использование флюорита способствует развитию черной и цветной металлургии. Но вместе с тем флюорит имеет свойства, способные навредить человеку. Ни для кого не является секретом, что флюорит содержит в своем составе фтор. Мысль о существовании этого элемента высказал в 1780 г шведский химик Карл Вильгельм Шееле [4]. Спустя еще одно столетие фтор был выделен французским химиком Анри Муассаном. Но могли ли алхимики, лекари, ювелиры и горняки, жившие в Средние века, случайно выделить из этого минерала фтор? При воздействии серной кислоты с флюоритом, на стекле остается несмываемое матовое пятно, что свидетельствует о выделении фторводорода. $CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2HF$

В Средние века серная кислота была уже известна: тогда ее называли купоросным маслом, а впоследствии, купоросной кислотой. Следовательно, алхимики, проводившие опыты с флюоритом, могли случайно выделить фтороводород. Фтористый водород обладает резким запахом, дымит на воздухе (вследствие образования с парами воды мелких капелек раствора) и сильно разъедает стенки дыхательных путей. Становится ясно, почему алхимики говорили о «дьявольской» сущности флюорита. Проводя опыты с этим минералом, а также используя флюоритовую посуду во время экспериментов, они испытывали на себе токсичность фтора. Страшные симптомы: приступы удушья, одышка, тугоподвижность суставов, ломкость костей, изменение цвета зубов,- не могли не наводить на мысль об адской сущности камня. Из вышесказанного следует, что флюорит оказался не простым минералом. С одной стороны он восхищает своей красотой и яркими цветами, с другой – может нести гибель. Но знал ли А. Дюрер о подобных свойствах этого камня? Во-первых, отец художника был ювелиром и прекрасно разбирался в минералах. Именно он передал сыну свои знания. Во – вторых, сам Дюрер знал о многих химических процессах: он одним из первых начал использовать серную и соляную кислоты в технике травления медных гравюр [5]. В природе многие вещества имеют двойственный характер: они приносят пользу человеку, но в то же время наносят непоправимый вред. Возможно, в гравюре « Меланхолия» художник зашифровал эту научную истину, заставляя задуматься над тем, сколько еще секретов таит в себе природа. Работу можно закончить следующим высказыванием швейцарского естествоиспытателя, алхимика, врача и философа Парацельса: « Всё – яд, всё – лекарство; то и другое определяют доза»[6].

Список литературы:

1. *Опаловкий А. А*. На краю Периодической системы/ А. А. Опаловский.- М., 1985.- 144с.
2. *Здорик Т. Б*. Камень, рождающий металл/ Т. Б. Здорик.-М.: Просвещение, 1984.- 192 с.
3. *Агрикола Г.О. О* горном деле и металлургии в двенадцати книгах./ Г. Агрикола.- М.: Недра, 1986.-186с.
4. *Кошель П*. Как открывали фтор// Журнал Химия.-2006.-№10.
5. *Метлицкая Л. Л.* реставрация произведений графики: Методические рекомендации/ Л.Л. Метлицкая.М.: ВХНРЦ им И.Э. Грабаля, 1995.
6. *Мари Боас Холл*. Наука Ренесанса. Триумфальные открытия и достижения естествознания времен Парацельса и Галилея / Мари Боас Холл.-М.: Центрполиграф, 2014.

КОНГЛОМЕРАТЫ КАЙКАНА КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК РОССЫПНОГО ЗОЛОТА И АЛМАЗОВ (КООПЕРАТИВНАЯ РЕСПУБЛИКА ГАЙАНА)

Рожков И. Ю. (ПетрГУ, 4mydocs999@mail.ru)
Научный руководитель – к.г.-м.н. Кулешевич Л. В. (ИГ КарНЦ РАН)

Целью геологических работ, проводимых в Р. Гайана компанией Westburgmininginc, были поиски золота и алмазов. Автор принимал участие во всех видах поисковых работ. В задачи представленного исследования входило: 1) изучение геологического строения, песчаников и конгломератов района деревни Кайкан (PR_1) и современных русловых отложений реки Крабу; 2) характеристика геологического строения данной территории; 3) установление минерального состава отобранных образцов конгломератов и аллювиальных отложений; 4) сравнение с месторождениями золота, урана, алмазов в докембрийских конгломератах на других AR и PR щитах земли. В работе использовались материалы полученные в ходе производственной практики в компании Westburgmininginc. Для решения поставленных задач была проведена серия геологических маршрутов с отбором шлиховых проб, образцов и опробованием опытного карьера. Отобранные в ходе маршрутов образцы были изучены с использованием микрозондового анализатора.

Геологическое строение и состав пород. Республика Гайана находится в Южной Америке, преобладающая часть площади страны находится на Гвианском щите. Фундамент щита слагают архейские зеленокаменные пояса, представленные метаморфизованными вулканическими и интрузивными породами. На западе страны архейские образования перекрыты мощной толщей раннепротерозойского возраста -осадочными породами (супер-группа Рорайма).

Район проведения работ (рис. 1) расположен на вершине горы вблизи поселка Кайкан. Рельеф района представлен столовыми горами (тепуи). Осадочные породы, которыми сложена гора вблизи деревни, относятся к отложениям супер-группы Рорайма. Эти древние прибрежные перемытые и уплотненные отложения включает кварцевые песчаники и конгломераты общей мощностью до 3,2 км. Слои песчаников и конгломератов с прослоями туфов залегают горизонтально или слабо наклонно. В ходе проведения маршрутов, среди толщ кварцито-песчаников секущих интрузивных тел установлено не было. Не наблюдалось также и видимых секущих кварцевых жил и гидротермальных изменений в осадочных толщах.

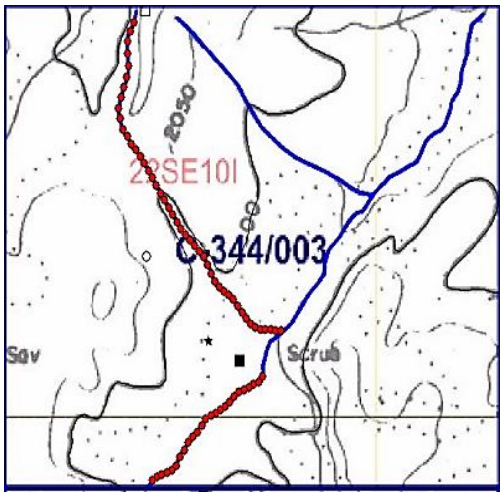
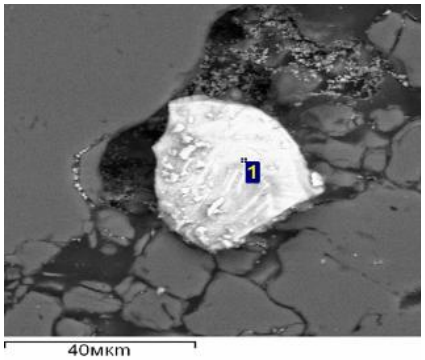


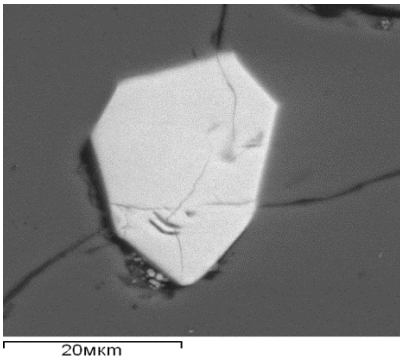
Рис. 1. Схема отбора шлиховых проб вблизи деревни Кайкан (Р. Гайана)
Красные точки – шлихи.
Квадраты – опытные карьеры.

Отложения речных долин – аллювиально-элювиально-делювиальные, представлены в основном песком с различной размерностью кварцевых песчинок от 1 мм до 0,1 мм. Минеральный состав включает кварц, серицит, глинистый материал. Иногда в шлихах встречаются редкие зерна ильменита, сульфидов (?), золотинки и отмечены единичные зерна пиропа (?).

Состав цемента осадочных толщ кварцито-песчаников и кварцевых конгломератов с редкой кварцевой галькой представлен – кварцем и реже серицитом. Размер кварцевых песчинок – 1 мм, галек достигает 1-10 см. Цемент соприкосновения. В цементе и гальках кварцевых песчаников были обнаружены лишь единичные зерна пирита и циркона (рис. 2, а-б). Циркон слабоокатанный (детритовый) с призматическими гранями. Возраст, определенный по циркону 1.9 млрд. лет [1].



а - пирит



б - циркон

в – золотины в шлихе, белое - кварц

Рис. 2. Акцессорные пирит (а) и циркон (б) из кварцито-песчаников и золотины из шлихов (в) Кайкана.

Шлиховое опробование. В ходе работы было проведено шлиховое опробование вниз по течению ручья Макко и вверх по течению реки Крабу (рис. 1, красными точками обозначены места отбора шлихов). Шлиховое опробование по ручью Макко показало увеличение количества знаков золота при приближении к его слиянию с рекой Крабу. В отдельных шлихах установлено до 17-19 золотин окатанной и неправильной формы.

Валовое опробование. За время проведения работ было отобрано 2 валовые пробы. Проба № 1 объемом 15 куб. м была отобрана в северной части площади в верхнем течении ручья Макко (рис. 1, место отбора пробы показано не закрашенным квадратом). Проба № 2 объемом 7 куб. м была отобрана вблизи слияния ручьев (рис. 1, место отбора пробы показано черным квадратом). Отбор первой пробы проводился при помощи маломощного землесоса, шлюза и алмазо-улавливающего прибора. В пробе № 1 установлено 13,5 г золота и алмазы низкого качества - около 3-х карат. Отбор второй пробы проводился без использования алмазо-улавливающего прибора. В пробе № 2, получено 15 г золота.

Заключение. Слабая изученность района, а также небольшое количество образцов, отобранных для лабораторного анализа, не дают возможности предполагать, какие докембрийские породы региона послужили материалом для осадков. А так как в кварцитопесчаниках и кварцевых конгломератах не было обнаружено золото, то оконтурить область сноса и сделать какие-либо выводы не представляется возможным. Однако, тем не менее, поступление золота (и единичных алмазов) в алювиально-делювиальные отложения ручья и реки Крабу и появление их в шлиховых пробах, указывает на то, что источником были перемытые осадки столовых гор.

Сравнение данного типа кварцито-песчаников и конгломератов с месторождением золота и урана Жакобина в Бразилии показало, что мощность и состав осадков и акцессориев в них близки. Однако, для золотоносных рифов формации Сьера-де-Корего этого месторождения, характерны гидротермально-метасоматические изменения пород, что выражается в увеличении количества мусковита и фуксита, появления сульфидов и Cr-турмалина. Эти изменения связывают с более поздним постседиментационным гидротермальным изменением данных осадков [2] и сопровождают оруденение. В районе дер. Кайкан подобного не наблюдалось.

Список литературы:

1. *Minter W .E. L.* Paleoplacer gold potential in the early proterozoic roraima group. 2002. https://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract_43293.htm
2. *Milesi J. P., Ledru P.* The Jacobina Paleoproterozoic gold-bearing conglomerates, Bahia, Brazil: a «hydrothermal shear-reservoir» model. 2001. https://www.researchgate.net/

НЕФТЯНЫЕ ЗАЛЕЖИ В ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ БОБРИКОВСКОГО ГОРИЗОНТА ЮЖНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА

Шайдуллина Д. Т. (КФУ, shaidullina-14@mail.ru)
Научный руководитель – к.г. – м.н. Королев Э. А. (КФУ)

Терригенные толщи бобриковских отложений визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы являются одним из основных нефтегазоносных комплексов на территории ВолгоУральской антеклизы. По последним оценкам, в них сосредоточено до 40% всех разведанных запасов углеводородов. На большинстве нефтяных месторождений залежи турнейского яруса находятся на завершающих стадиях разработки, очевидно, следующими будут породы-коллекторы бобриковского горизонта. Однако, для вовлечения их в процесс нефтедобычи необходимо иметь представления о характере залегания продуктивных пластов, их составе и емкостно-фильтрационных свойствах.

На большей части Волго-Уральской антеклизы наиболее продуктивные породы-коллекторы бобриковского возраста приурочены к эрозионным врезам [1, 2]. Вне эрозионных врезов мощности терригенных пород, способных к аккумуляции нефти, как правило, небольшие. Причем из-за того, что они сверху и снизу экранированы плотными глинистыми породами, в них часто просто не реализован весь имеющийся потенциал к нефтенакоплению. Однако, как показали исследования кернов скважин нефтяных месторождений южного склона Южно-Татарского свода, бывают и исключения. Так, в пределах Байтуганской площади был установлен ряд продуктивных нефтеносных горизонтов, приуроченных к бобриковскому терригенному комплексу. Значимость подобных находок обусловила проведение комплексного изучения литолого- и петрофизических характеристик выявленных нефтяных залежей.

По данным изучения кернового материала, в пределах Байтуганского нефтяного месторождения мощности бобриковских отложений изменяются в пределах от 15,0 до 24,0 м. В терригенных разрезах наблюдается переслаивание аргиллитов, алевролитов и песчаников, образующих пласты различной мощности. Корреляция между скважинами, даже пробуренными на близко расположенных друг к другу поднятиях, затруднена, что указывает на невыдержанность пород по простиранию. В разрезах отмечается закономерное

увеличение мощностей слоев песчаников с возрастанием общей мощности бобриковских отложений. Подобный характер залегания осадочных пород, как правило, типичен для прибрежно-континентальных условий седиментации.

Нефтяные залежи на изученных брахиантиклинальных структурах относятся к структурно-литологическому типу. Породами-коллекторами являются песчаники, породами-флюидоупорами – аргиллиты и глинистые алевролиты. Залежи нефти в терригенных бобриковских отложениях не имеют гидродинамической связи с нижележащими турнейскими нефтяными залежами. В их строении выделяются зоны водонефтяного контакта, песчаный пласт-коллектор и породы-покрышки. Зоны водонефтяного контакта выделяются с различной степенью достоверности. При наличии в подошве терригенного бобриковского комплекса песчаного слоя, водонефтяной контакт прослеживается по интенсивной кальцитизации кварцевого песчаника и наличию в нем вкраплений окисленных углеводородов.

Литолого-петрографические исследования пород нефтеносных терригенных комплексов бобриковского горизонта показали, что они характеризуются достаточно однородным составом. Вызывающие интерес нефтепродуктивные слои представлены исключительно песчаниками. Песчаники по составу обломочной компоненты мономинеральные, кварцевые, равномерно и пятнисто-полосчато нефтенасыщенные, по структуре мелко-среднезернистые, темно-коричневые с редкими светло-серыми пятнами плотных участков породы, обуславливающими их пятнисто-полосчатую текстуру.

Под микроскопом структура пород псаммитовая, текстура – однородная или пятнистая за счет неравномерного распределения ангидритового цемента. Песчаники на 85-90% сложены обломочной компонентой, на 10-15% – цементирующим их материалом. Аллотигенная часть представлена в основном изометричными по форме, полуокатанными зернами кварца размером 0,1-0,5 мм. В качестве примеси присутствуют чешуйки мусковита. Кварцевые зерна имеют плотную упаковку в объеме тел песчаников, соприкасаясь краями и создавая несжимаемый каркас, способный удерживать давление вышележащих пород. Между кварцевыми зернами преобладают точечные контакты взаимного приспособления. Участками близко расположенные зерна срастаются в кластерные агрегаты размером до 1,5 мм, имеющими однородное погасание. Обломки минералов сцементированы полигенным, сульфатно-карбонатно-кремнеземистым цементом. Кремнеземистый цемент (75%) по составу кварцевый, контактового-регенерационного типа, карбонатный (10%) – по составу кальцитовый, по структуре контактово-порового типа, сульфатный (15%) – по составу ангидритовый, по структуре сгустковый, образует изометричные обособления размером до 1,5 см. Из аутигенных минералов повсеместно отмечается наличие пиритовых агрегатов размером до 0,1 мм. Пористость песчаников по данным оптико-микроскопических исследований составляет от 10,0 до 20,0%. Поры межзерновые, сообщающиеся, размером 0,05-0,15 мм, выполнены углеводородами. Песчаники зон водонефтяных контактов отличаются светло-серой окраской, слабой пятнистой битумонасыщенностью, наличием мелкозернистого кальцитового цемента порового типа, который одновременно является и цементом выполнения, а также более низкой пористостью (до 5,0%) субкапиллярной размерностью.

Список литературы:

1. *Королев Э. А.* Этапность преобразования песчаных коллекторов тульскобобриковского возраста в эрозионных врезах на территории Татарстана // Учен.зап.Казан. у-та. Сер. Естеств. науки. 2014, Т.156, №3. С. 87-97.

2. *Нургалиева Н. Г., Нуриев А. Г., Королев Э. А.* Вещественный состав и структурно-текстурные особенности пород бобриковских нефтеносных отложений одной "врезовой" зоны Восточного борта Мелекесской впадины // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2009, Т.151, кн.3. С.180-191.

УВАРОВИТЫ АГАРДАГСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (ЮЖНАЯ ТЫВА)

Юричев А. Н. (Томский государственный университет, juratur@sibmail.com)

Уваровит, в отличие от других разновидностей граната, не пользуется широким распространением в природе и не образует больших скоплений. Обогащенные уваровитовым компонентом гранаты известны в некоторых известково-силикатных скарнах, мраморах и метакарбонатных отложениях. Друзы и «сыпь» его мелких кристаллов иногда развиты в хромититовых телах ультраосновных магматических пород. К настоящему времени находки уваровитовых гранатов в ультрамафитах офиолитовых комплексов на территории России выявлены и охарактеризованы на примере незначительных выборок минерала на Урале в хромовых рудах Рай-Изского, Сыум-Кеуского, Войкаро-Сыньинского, Нижнетагильского и Сарановского массивов [1–3, 5]. В пределах последнего массива, в 1831 г. уваровит впервые был открыт и продиагностирован химиком Г.И. Гессом и некоторое время специально разрабатывался на Южно-Сарановском месторождении. Для остальных складчатых регионов России информация о находках и составе уваровитовых гранатов в реститовых ультрамафитах в печатных источниках не выявлена, либо крайне скудна. В работе автором впервые выполнено исследование хромсодержащих гранатов из рудных ультрамафитов Агардагского массива (республика Тыва) [4], где главное внимание было уделено составу зеленых разновидностей – уваровитов, чаще всего отмечаемых в хромовых рудах данного массива.

Минерал наблюдается в виде кристаллических корочек на хромитите или в виде отдельных мелких кристалликов (до 5 мм) в жилках на обломках хромититов или вокруг его кристаллокластов (рис. 1). Часто уваровит в виде тонкозернистых агрегативных выделений совместно с серпентинитом и хромсодержащим хлоритом «залечивает» трещинки в хромититах и зонах тектонического дробления хромитовых линз. По цвету выделяются разновидности от светло-зеленых до изумрудно- и тёмно-зелёных. Блеск его от стеклянного до тусклого и матового.

Вещественный состав уваровитовых гранатов выполнен на базе растрового электронного микроскопа «VEGA II LMU» совмещенного со спектрометрами энергетической (Oxford INCA Energy 350) и волновой (Oxford INCA Wave 700) дисперсией в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (г. Томск). Изученные химические составы можно охарактеризовать как весьма разнообразные твердые растворы и смеси основных кристаллохимических разновидностей гранатов уграндитового ряда, различающихся, главным образом, по составу катионов – уваровита (Ca, Cr), андрадита (Ca, Fe) и гроссуляра (Ca, Al). При этом концентрации доминирующего уваровитового минала в них варьируют от 52 до 68 мол. %.

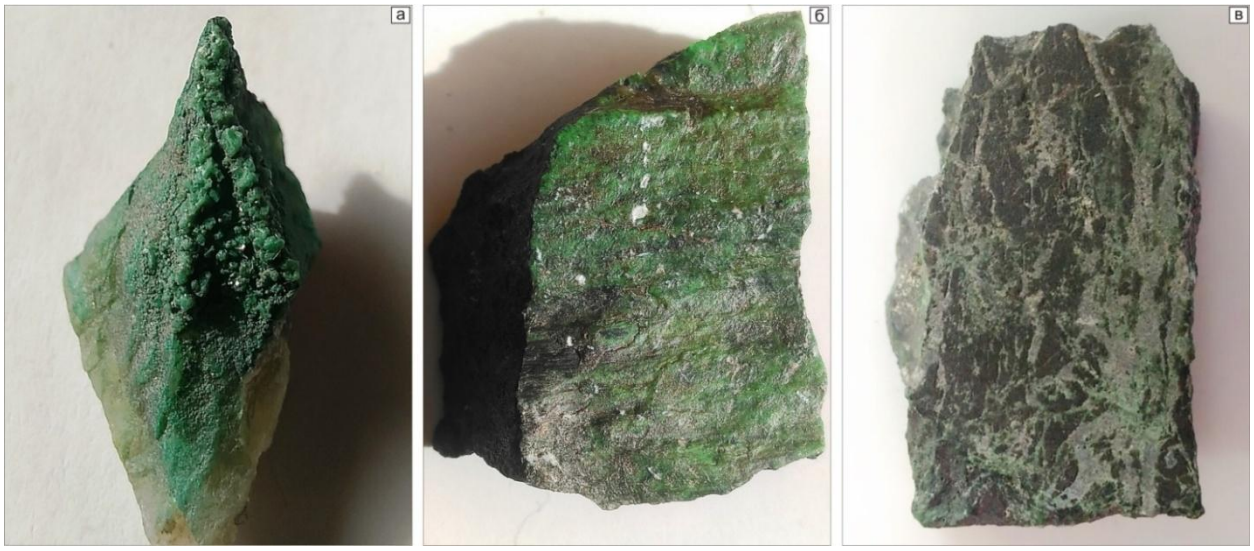


Рис. 1. Уваровит из хромититов Агардагского массива: *а* – кристаллические друзы, *б* – кристаллическая корочка на хромитите, *в* – агрегативные выделения по трещинкам дробления совместно с серпентинитом и хромсодержащим хлоритом.

Полученные результаты по мере уменьшения значимости минала в составе позволили разделить проанализированные известково-хромистые гранаты на три разновидности: уваровит-гроссуляр (Ув-Гр), уваровит-гроссуляр-андрадит (Ув-Гр-Анд) и уваровит-андрадит-гроссуляр (Ув-Анд-Гр) (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав уваровитовых гранатов из хромититов Агардагского массива

Минерал	Образец	Химический состав, мас. %						Миналы, %			
		MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Cr_2O_3	FeO*	Уваровит	Андрадит	Гроссуляр	Пироп
Ув-Гр	1.1-1	1,41	8,35	37,37	33,15	17,88	1,84	56,4	5,5	32,5	5,6
	1.1-3	0,54	7,79	36,66	34,56	19,12	1,34	59,9	4,0	34,0	2,1
	1.2-1	–	7,88	37,52	33,82	18,56	2,22	60,7	6,9	32,3	–
	1.2-3	–	8,05	37,26	34,54	18,86	1,28	60,5	3,9	35,6	–
	1.3-2	–	7,48	35,75	36,24	18,56	1,97	56,7	5,7	37,6	–
	1.5-1	–	7,64	37,25	34,79	17,14	3,17	54,5	9,6	35,9	–
	1.5-3	–	6,65	37,12	34,26	18,49	3,48	59,7	10,7	29,6	–
	среднее	*0,97*	7,69	36,99	34,48	18,37	2,19	58,35	6,63	33,92	*3,86*
Ув-Гр-Анд	1.4-1	1,70	4,23	36,18	32,70	20,33	4,86	64,2	14,6	14,5	6,7
	1.4-2	0,53	3,66	35,95	33,84	21,31	4,71	68,2	14,3	15,3	2,1
	1.4-3	0,54	3,27	35,77	34,40	20,96	5,05	66,0	15,1	16,7	2,1
	1.5-2	–	5,31	36,36	34,48	19,13	4,73	61,4	14,5	24,1	–
	среднее	*0,92*	4,12	36,07	33,86	20,43	4,84	64,95	14,63	17,67	*3,67*
Ув-Анд-Гр	2-1	–	4,19	37,41	34,03	15,92	8,45	51,8	26,2	22,1	–
	2-2	–	3,27	38,26	33,41	16,12	8,94	53,4	28,2	18,4	–
	среднее	–	3,73	37,83	33,72	16,02	8,69	52,58	27,17	20,24	–

Примечание. Цифры указанные курсивом – элемент отмечается не повсеместно.

Роль андрадитового минала возрастает в выявленном ряду разновидностей слева направо от уваровит-гроссуляра к уваровит-андрадит-гроссуляру, где андрадит по ведущей роли выходит на второе место. Исключая особенности химического состава, морфологических и минералогических отличительных признаков между выделенными разновидностями не наблюдается.

По генезису автор склонен отнести выявленные в хромититах Агардагского массива уваровитовые гранаты к апоультрамафитовым гидротермальным образованиям, связанным с воздействием на хромиты гидротерм, образованных в результате прогрева поровых вод вмещающих пород более поздними интрузиями основного-среднего состава. Воды, имеющие преимущественно кальциево-карбонатный состав, при взаимодействии с хромитовым субстратом, приводили к образованию минералов состоящих из компонентов субстрата и гидротерм – уваровитовых гранатов и хлоритов с повышенным содержанием хрома. При этом в уваровите Ca является привнесенным компонентом гидротерм, а Cr, Al, Mg и Fe – компонентами хромшпинелидов. Учитывая, что Cr в гидротермальном процессе имеет высокую инертность, что обуславливает отсутствие его выноса за пределы хромитовых линз и локальное перераспределение, хорошо объясняется тяготение уваровитовых гранатов к хромититам и, наоборот, их отсутствие в породах с маломощной вкрапленной хромитовой минерализацией, где гидротермы обогащены компонентами серпентинитов.

Список литературы:

1. *Иванов О. К., Бушмакин А. Ф.* Уваровит Сарановского хромитового месторождения // Уральский геологический журнал. 1998. № 1. С. 3–18.
2. *Макеев А. Б.* Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.
3. *Савельева Г. Н., Белокрыс А. М.* Хромиты – руда, рожденная в мантии Земли // Природа. 2012. № 11. С. 14–23.
4. *Юричев А. Н., Чернышов А. И., Кульков А. С.* Рудная минерализация Агардагского ультрамафитового массива (Республика Тыва) // Известия ТПУ. 2013. Т. 323. № 1. С. 130–136.
5. *Юшкин Н. П., Иванов О. К., Попов В. А.* Введение в топоминералогию Урала. М.: Наука, 1986. 294 с.

ГЕОЛОГИЯ РАЙОНА ПОСЕЛКА ГИРВАС

Яруков А. В. (ПетрГУ, a.yarukov@list.ru)
Научный руководитель - к.г.-м.н. Медведев П. В. (ИГ КарНЦ РАН)

Цель моей работы – уточнить некоторые особенности геологического строения района поселка Гирвас.

Доклад основан на отчете о прохождении мной полевой геологической практики в 2015-2016 годах.

Географическое положение данного района – Южная часть центральной Карелии, административное – Центральная часть Кондопожского района вблизи р. Суна и пос. Гирвас.

В геологическом отношении район располагается в юго-восточной части докембрийского Карельского кратона, входящего в состав Фенноскандинавского щита. А если точнее, то в западном крыле Северо-Онежского синклинория [1].

Породы, которыми сложен кратон, это гранито-гнейсы и гранит-зеленокаменные комплексы архейского возраста (старше 2,5 млрд лет). На них с угловым несогласием и длительным перерывом во времени. залегают вулканогенно-осадочные отложения палеопротерозойского возраста [2].

В местной стратиграфической шкале для Северо-Онежского синклинория нижнепротерозойские образования представлены карельским комплексом. На геологических картах среднего масштаба на район пос. Гирвас в составе ятулия обычно выделяется три свиты (снизу-вверх): янгозерская, койкарская и туломозерская [1].

Янгозерская свита разделена на две подсвиты: нижнюю и верхнюю. Нижняя представлена кварцевыми песчаниками, гравелитами, конгломератами и подчиненно-алевролитами. В основании разреза на гранитоидах фундамента отмечены глыбовые брекчии и конгломераты с кварц-серицитовым цементом. Мощность подсвиты – около 20м. Верхняя подсвита представлена покровом базальтов мощностью 27м. Породы темно-зеленого цвета, массивной текстуры от мелко- до среднезернистой структуры. Койкарская свита тоже разделена на две подсвиты. В основании нижней подсвиты залегают кварцевые конгломераты с редкой гранитной галькой и цементом основного состава. Породы подсвиты представлены аркозами, кварцитопесчаниками, гравелитами с прослоями алевролитов и силицитов. Мощность подсвиты около 10м. Верхняя подсвита состоит из 3 покровов миндалекаменных базальтов, иногда с подушечными текстурами. Обильное содержание гематита придает породе красноватый оттенок. По химическому составу лавы отличаются от янгозерских меньшим содержанием кремнезема и повышенной магнезиальностью. Мощность подсвиты до 120м. Туломозерская свита представлена нижней подсвитой, состоящей из переслаивания мелкогалечных кварцевых конгломератов, гравелитов и песчаников, перекрытых красноцветными алевролитами. Мощность пород составляет около 10 м [1].

Практически все ятулийские породы смяты в пологие складки, в береговых выходах долины р. Суна они хорошо заметны [2].

Породы нижнего протерозоя метаморфизованы в зеленосланцевой степени. Это достаточно сильно заметно в вулканических породах, поскольку там первоначальный минеральный состав не сохранился.

Интрузивные образования представлены субпластовым телом (силлом) габбродолеритов, который залегает в породах туломозерской свиты.

Рыхлые отложения четвертичного (ледникового) периода перекрывают кристаллические породы архейского и раннепротерозойского возраста. Самыми молодыми образованиями на территории района практики являются отложения голоценовой эпохи четвертичного периода (Q_{IV}), представленные озерными и болотными осадками.

В целом в изучаемом районе представлен сельговый рельеф, характерный для Карелии, этот рельеф является результатом деятельности ледника и был сформирован при его отступлении. Низины между возвышенностями часто заболочены. Были отмечены формы рельефа, которые можно причислить к «бараньим лбам».

Так же на участке находиться искусственный каньон реки Суна. Породы вокруг реки представлены в основном базальтами, один раз удалось встретить песчаники и кварцевые конгломераты. Самые древние породы – архейские граниты, окаймляют восточную территорию исследованного участка, а на севере они упираются в андезибазальты.

На данном участке габбро-долериты встречается не единой линией, но относительно небольшими выходами.

С помощью микрозонда были исследованы шлифы из образцов габбро-долеритов и полевошпат-кварцевых песчаников. Габбро-долериты темно-серого цвета, массивной текстуры, среднезернистой структуры представлены обычным для данной породы набором минералов: роговая обманка, кварц, клинопироксен. Часто встречается лабрадорит, реже оливин, фаялит, биотит. Из рудных мной были обнаружены ильменит, титаномагнетит, пирит и халькопирит. Акцессорным минералом является циркон.

Образцы полевошпат - кварцевых песчаников взяты из зоны контакта с подстилающими изверженными породами янгозерской свиты. Кроме кварца и полевых шпатов (ортоклаз и альбит), в породе присутствуют слюды (биотит, мусковит), апатит, пьемонтит, сфен и

гематит, а также акцессорные минералы: рутил и циркон. На песчаники происходило термальное воздействие (контактовый метаморфизм). Данный вывод можно сделать на основе того, что в шлифах обнаружен минерал магматического происхождения такой как сфен.

Список литературы:

1. Полевые геологические исследования в пределах северо-западной части Онежской палеопротерозойской структуры: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 020301 "Геология" / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозав. гос. ун-т; [сост.: В.И. Пожиленко и др. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. - 62с.
2. Путеводитель геологических экскурсий по Карелии (Ред. В.С. Куликов, С.И. Рыбаков, А.И. Голубев, А.П. Светов). Карельский филиал АН СССР Петрозаводск, 1987 г. 94 с.

II. СЕКЦИЯ «ГЕОЭКОЛОГИЯ»

О ПЕРВОМ ЭТАПЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Аверьянова М. В. (КФУ, averyanova.mashulya@bk.ru)
Научный руководитель – к.г.-м.н. Мусин Р. Х. (КФУ)

В подземных водах растворено множество различных химических элементов и в связи с этим они имеют очень сложный многокомпонентный состав. Вопрос о формировании состава подземных вод вызывает особый интерес, так как он обуславливается множеством факторов: климатом местности; химическим и биологическим выщелачиванием различных пород, соприкасающихся с водными системами; залегающими горными породами, почвой; атмосферными водами; антропогенным фактором; водным режимом водоема; смешиванием вод [1]. Данная работа посвящена почвам, имеющим непосредственный контакт с водной системой.

Атмосферные воды при выпадении на землю попадают на почву, при этом происходят химические и физические реакции, которые обуславливают состав. А он напрямую зависит от характера почвенного покрова [1]. Важнейшее свойство почвы заключается в том, что почвенный раствор и фильтрующиеся в почве осадки способны усиливать растворимость пород и минералов. Это связано с повышенным содержанием диоксида углерода в почве, который образуется в ходе дыхания живых организмов и корневой системы. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе возрастает от 0,33%, свойственных атмосферному воздуху, до 1% и более в почвенном воздухе (в тяжелых глинистых почвах концентрация достигает иногда 5-10%, придавая тем самым раствору сильное агрессивное действие по отношению к породам). В результате растворения диоксида углерода образуются соли, которые впоследствии вымываются из почвенного покрова и обогащают подземные воды. При просачивании через бедные солями торф и болотные почвы вода будет содержать органические вещества, отличающиеся малой минерализацией.

Органическое вещество, содержащееся в почве, способно усиливать агрессивное действие фильтрующейся через почву воды. Оно представлено почвенным гумусом, который образуется в почве при трансформации растительных остатков. В состав гумуса входят гуминовые, органические и фульвокислоты, которые являются активными реагентами. Почвенный раствор, обогащаясь органическими кислотами и углекислым газом, во много раз ускоряет химическое выветривание алюмосиликатов, содержащихся в почвах. Аналогично, вода, фильтрующаяся через почву, ускоряет химическое выветривание алюмосиликатов и карбонатных пород, подстилающих почву [5].

При взаимодействии с почвой меняется содержание растворенных газов, содержание кислорода уменьшается, а углекислого газа, наоборот, увеличивается, т.к. кислород расходуется на окисление органических веществ в почве, а углекислый газ выделяется [1].

Для выявления роли почв в формировании состава и минерализации подземных вод верхней части разреза (грунтовых вод) нами были подготовлены, проанализированы и обобщены данные по водным вытяжкам из 31 образца почв, отобранных в Восточно-Закамском (нефтяном) и Предкамском регионах Республики Татарстан (табл 1.). Приповерхностная часть геологического разреза в этих регионах сложена комплексами полигенных карбонатно-терригенных (участками загипсованных) средне-верхнепермских и

терригенных плиоцен-четвертичных отложений. Локализованные в них подземные воды отличаются разнообразным составом (при преобладании гидрокарбонатных кальциевых и магниево-кальциевых разностей) и варьирующейся в довольно широких пределах минерализацией и жёсткостью (здесь и далее понимается общая жёсткость). Минимальные значения последних параметров отмечаются в водах родников, дренирующих первые от поверхности водоносные горизонты в областях их питания, которое осуществляется исключительно за счёт инфильтрации атмосферных осадков. Минерализация таких родниковых вод в большинстве случаев составляет 0,15–0,25 г/дм^3, а жёсткость – 1,5–3 ммоль/дм^3 [3]. В вышеотмеченных регионах Татарстана преобладающим распространением пользуются подзолистые, чернозёмные, дерново-карбонатные и серые лесные почвы.

Таблица 1. Особенности состава водных вытяжек на основе дистиллированной воды с почвенных образцов.

Минерализация, мг/дм^3	Жёсткость, ммоль/дм^3	Окисляемость перманганатная, мгО/дмЗ	Соединения азота суммарно, мг/дм^3
37–284 120–250	0,3–2,6 0,8–1,8	2–17 9–12	0–93 1–9

Примечание: В числителе – предельные значения (минимум, максимум), в знаменателе – преобладающие.

Максимальными концентрациями и значениями практически всех компонентов и параметров отличаются черноземные и в меньшей степени дерново-карбонатные почвы, залегающие на водоразделах в пределах луговых пространств и в лесных массивах. Минимальными значениями – почвы в пределах речных долин.

Сопоставление данных таблицы с составами водных вытяжек и основных разновидностей пород верхней части разреза Татарстана [2, 4] свидетельствует о том, что почвы являются основными минерализаторами природных вод. В реальных условиях, почвенные воды на нижней границе почв должны отличаться более высокими значениями практически всех параметров своего состава, т.к. его формирование, в отличие от лабораторных условий, проходит под более высоким парциальным давлением углекислого газа.

Список литература:

1. *Алексеев А. И. Химия воды. СПб, СЗТУ, 2001.*
2. *Мусин Р. Х, Мусина Р. З., Нигматуллина Д. А., Тухватуллина Г. А.* О мобилизации вещества стратисферы в ходе подземной ветви гидрологического круговорота воды // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: матер. 6-го Всеросс. литологического совещания (Казань, 26-30 сентября 2011 г.). В 2 т. Казань, Казан. ун-т, 2011. Т.2.С. 72–75.
3. *Мусин Р. Х., Файзрахманова З. Г., Загидуллина К. Р., Мусина Р. Х.* Вариации и условия формирования состава природных вод в отдельных регионах Татарстана // Гидрогеология сегодня и завтра: наука, образование, практика: Матер. межд. научн. конф. Москва, МАКС Пресс, 2013. С. 334–341.
4. *Файзрахманова З. Г., Мусин Р. Х.* Об одном из основных минерализаторов поверхностных и грунтовых вод // Сборник трудов IV междунар. конгресса "Чистая вода. Казань" – 27–29 марта 2013 г. Казань, типогр. ООО "Куранты", 2013. С. 110–112.
5. http://studopedia.ru/3_4528_faktori-vliyayushchie-na-formirovanie-sostava-prirodnih-vod.html

СВЯЗЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Новицкий Д. Г. (ПетрГУ, ИГ КарНЦ РАН, nov.dimka@mail.ru)
Научный руководитель – к. б. н. Слуковский З. И. (ИГ КарНЦ РАН)

Анализ физических и химических свойств донных отложений (ДО) является неотъемлемой частью описания основных характеристик состояния любого водного объекта. Особенно важно подобное описание, когда речь идет о водных объектах, расположенных на урбанизированных территориях, поскольку их осадки служат местом аккумуляции значительного количества разных веществ, в том числе всевозможных загрязнителей, поступающих в водную среду с водосборной территории. Одними из самых опасных загрязнителей-канцерогенов выступают тяжелые металлы (ТМ), учитывая, что, попав в живой организм, они могут вызывать необратимые преобразования в нем вплоть до его непосредственной гибели.

Очевидна связь различных компонентов ДО водных объектов друг с другом, в частности связь гранулометрического (механического) и химического состава осадков [5]. Известно, что чем меньше частицы отложений того или иного озера или реки, тем выше их сорбционный потенциал, поэтому изменение размерности фракций слагающих частиц донных отложений дает возможность отследить тенденцию к высокому или низкому накоплению химических элементов, в том числе ТМ [2]. Кроме того, при изучении ДО необходимо учитывать, что данный материал содержит в себе большое количество органического вещества, которое само по себе также является хорошим сорбентов поллютантов, поступающих в водные объекты. На территории Республики Карелии большинство современных ДО озер относится к сапропелю, типу пресноводных осадков, содержание органического вещества в которых превышает 15%.

В ходе исследований были изучены малые озера, расположенные на территории трех городов Карелии: Петрозаводска, Суоярви и Медвежьегорска. В ходе проведенных исследований были получены результаты по гранулометрическому составу и химическому составу ДО малых городских озер. При изучении гранулометрического состава ДО малых водоемов прослеживается общая закономерность в фракционном распределении. К примеру, безымянное озеро, расположенное в южной части г. Суоярви, характеризующееся обильной прибрежной растительностью и значительной эвтрофированностью, имеет равномерное распределение различных фракций в ДО во всех точках отбора. Второе озеро (в северной части) также характеризуется равномерным распределением фракций ДО по всей колонке с характерным увеличением тонких частиц с глубиной.

В г. Медвежьегорске обследованные озера (Плотичье и Китайское) значительно отличаются по составу преобладающих фракций. ДО оз. Мыльное, например, характеризуются равномерным поверхностном распределением основных фракций. Однако в отобранной колонке на глубину до 30 см превалирует содержание крупной и средней фракции. В гранулометрическом составе ДО в южной части озера отмечается преобладание средней, мелкой и тонкой фракций. В указанной колонке осадков нарушен поверхностный слой, а нижележащие слои, начиная с 10 см характеризуются увеличением тонкой фракции.

Была проведена корреляция химического и гранулометрического состава на примере исследования ДО оз. Четырехверстного (рис. 1), расположенного в черте г. Петрозаводска. Анализ данных химического состава был проведен в 2016 году [3]. По итогам

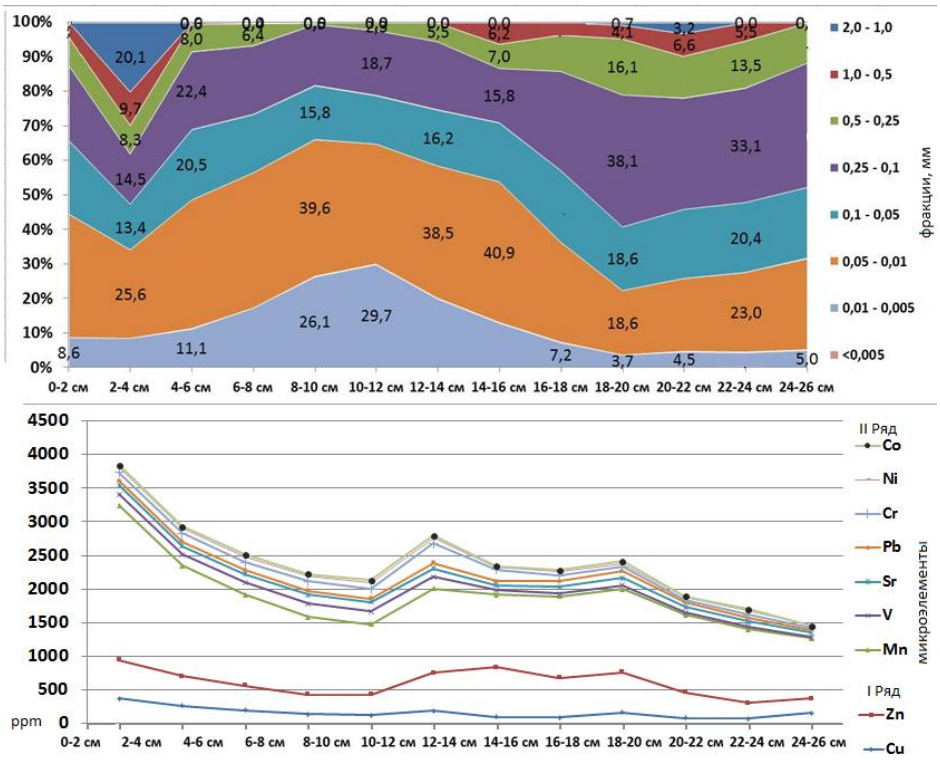


Рис. 1. Распределение металлов и гранулометрического состава с глубиной оз.Четырехверстное.

корреляционного анализа элементы, в том числе ТМ, были разделены на две группы: это I ряд (Zn-Cu) и II ряд (Co-Ni-Cr-Pb-Sr-V-Mn). Отмечено, что приблизительно до глубины 5 см распределение фракций озерных осадков нарушено вследствие близкого расстояния к поверхности воды и вероятного влияния бентосных организмов. Ряд I зависит напрямую от крупной фракции по всей колонке ДО до глубины 25 см, где наблюдается частичный переход в тонкую фракцию. Однако наиболее наглядным в плане корреляции является II ряд, положительная аномалия которого совпадает с областью максимального содержания 0.05-0.005 мм.

В приведенной таблице 1 продемонстрирована связь гранулометрического состава по всей глубине отложений с химическим составом озерных осадков городского водоема.

Таблица 1. Корреляция гранулометрического и химическим состава ДО (LOI – Lost on Ignition (Потери при прокаливании)).

	микроэлементы	*Фракции донных отложений, мм*			
		2.0-0.5	0.5-0.1	0.1-0.05	0.05-0.005
I Ряд	Cu	0.53	-0.32	-0.44	0.04
	Zn	0.33	-0.15	-0.18	-0.03
II Ряд	Mn	0.76	-0.31	-0.41	-0.09
	V	-0.03	-0.82	-0.72	0.78
	Sr	0.06	-0.69	-0.70	0.62
	Pb	0.14	0.24	-0.04	-0.25
	Cr	-0.13	-0.72	-0.58	0.73
	Ni	-0.08	-0.70	-0.68	0.70
	Co	0.13	-0.51	-0.59	0.43
	LOI	0.17	0.91	0.67	-0.91

Отмечена тенденция накопления биогенных элементов в приповерхностном слое, а затем их уменьшение в более глубоких слоях ДО. При анализе гранулометрического состава ДО установлено, что распределение частиц различной размерности отображает условия формирования осадков. Так, резкие скачки на диаграммах распределения, можно связать с изменениями в условиях седиментации на дне исследованного водного объекта.

Комплексный подход к исследованию геохимии и гранулометрического анализа дает более целостное понимание осадконакопления. Повышенное содержание металлов в приповерхностных донных отложениях может оказывать негативное влияние на состояние водной биоты. Ранее было отмечено, что повышенное содержание ТМ над показателями ПДК [1] характеризует оз. Четырехверстное как загрязненное [4]. Учитывая факт современного роста территории г. Петрозаводска, то это может привести к дополнительным антропогенным нагрузкам на экосистему водоема.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00026 мол_а.

Список литературы:

1. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
2. *Косинова И. И., Соколова Т. В.* Гранулометрический состав донных отложений как фактор формирования эколого-геохимических аномалий // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. Вып. 17. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2015 г.). Москва: РУДН, 2015 г. С. 414-418.
3. *Новицкий Д. Г., Слуковский З. И., Медведев А. С.* Геохимия 26-сантиметрового техногенного слоя донных отложений малого лесного озера в черте города Петрозаводск (Республика Карелия) // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северо-Запада России. Материалы XXVII молодёжной научной школы-конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова. Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2016. С. 184-188.
4. *Слуковский З. И., Медведев А. С.* Содержание тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях озера Четырехверстного и Ламбы (г. Петрозаводск, Республика Карелия) // Экологическая химия. 2015. С. 56-62.
5. *Даувальтер В. А.* Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во МГТУ. 2012 242 с.

МАРЦИАЛЬНАЯ ВОДА: ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НОРМЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Светова К. С. (Университетский лицей, svetovakristina@gmail.com)
Научный руководитель – д.г.-м.н. Светов С. А. (ИГ КарНЦ РАН)

В республике Карелия существует огромное количество различных достопримечательностей включающих уникальных природных и культурных объекты, привлекающие в регион многочисленных Российских и иностранных туристов. Среди них выделяется первый Российский курорт «Марциальные воды», славящийся с Петровских времен своей целебной и уникальной по составу водой [2].

Свойства целебной воды курорта Марциальные воды широко используются в бальнеологии, что реализуется на базе нескольких санаторных комплексов. В водолечении используется четыре питьевых источника минеральной воды.

В научно-популярной литературе отмечается, что воды марциальных источников неоднократно подвергались исследованиям, которые показали постоянство химического

состава воды с XVIII века по наше время. Насколько научно корректна данная информация нам и хотелось бы установить лично.

Цель исследования: изучить вариации химического состава воды основных источников курорта во времени.

Задачи исследования включали: проведение химического анализа марциальной воды действующих скважин курорта; определение динамики изменения концентраций химических элементов в пробах, начиная с 2015 по 2016 г., и сопоставление этих данных с ранними результатами (относимыми к 1987г); оценку концентрации «полезных» и токсичных» химических элементов для человека, по классификации Кукушкина Ю. Н (1998); оценку необходимого объёма потребления марциальной воды для компенсации минерального дефицита в организме человека.

Характеристика объекта исследования. Территория курорта Марциальные воды находится в области геологического контакта вулканогенно-осадочных пород (графитистые сланцы и алевролиты) и массива интрузивных пород (габбро-долериты палеопротерозойского возраста, время формирования около 1.9 млрд лет) [2, 3]. Массив имеет тектонические нарушения и области минерализации в зонах контакта со сланцами [2]. Перекрывается комплекс четвертичными песчано-глинистыми отложениями. Минерализация воды происходит в результате взаимодействия инфильтрационных поверхностных вод в зонах контакта габброидов и осадочных пород с рудными минералами [2, 5], которые представлены в основном пиритом, вызывая их окисление в осадочной толще. Соответственно микроэлементный состав рудных минералов является контролирующим параметром для формирующейся минерализации подземных вод.

Авторскому исследованию предшествовал предварительный анализ состава вод по литературным данным [2]. В июне 2015 г. был выполнен отбор контрольных проб (по 1) для всех скважин, осенью 2016 г был оценен дебет источников, и проведен отбор проб на химический анализ воды в «часовом временном интервале – по 6 проб для каждого источника.

С целью решения проблемы «окисления» проб воды в ходе транспортировки, предварительно в пробирки объёмом 15 мл было добавлено 3 мл особо чистой концентрированной азотной кислоты. В аналитическом центре Института геологии в течении этого же дня (1 ноября 2016 г) проводились масс-спектрометрические исследования. Анализ выполнялся на квадрупольном масс-спектрометре X-Series 2 (Thermo Ficher Scientific) с использованием стандартной методики для жидких проб [4], при этом в качестве эталона в измерениях использовался стандарт IV-STOCK-1643 (США) воды с примесью тяжелых металлов.

В ходе все исследований получены следующие выводы: марциальные воды принадлежат к сульфатному типу, гидрокарбонатно-сульфатно-магниево-кальциево-железистого типа, при этом общая минерализация варьирует от 0,27 до 0,67 г/л; установлены существенные вариации химических элементов в часовых пробах (для следующих «полезных» элементов: Fe, Ca, Na, K, Cu, Cr, Mo). При этом состав воды стабилен по Zn, Mn, Mg, концентрации которых крайне слабо меняются; для токсичных элементов вариации наиболее ярко выражены в концентрациях: Cd, Be, Pb, Sb, Tl, Ag. Вариации отсутствуют для Ni, As, Ba; сопоставление годовых проб в интервале 1987-2015-2016 гг показало существенные изменения в содержании Fe, Mg, Ca, Na, K в воде из изучаемых источников, что в некоторых случаях приводит к изменению концентраций от 10 до 50 %, причем данная динамика проявляется синхронно на 3 и 4 скважинах по Fe, Mg, Ca, Na, K, Zn, Mn.

Важно отметить, что данные выводы принципиально отличаются от широко распространенного мнения о устойчивом составе марциальных вод.

Отдельной проблемой для нас стала оценка возможных доз использования марциальной воды для человека (взрослого и ребенка). С этой целью использованы данные по необходимым суточным нормам поступления химических элементов в организм человека [1], а так же состав водопроводной воды для определения типичных содержаний этих элементов поступающих в организм жителей Петрозаводска и дополнительно гигиенические нормативы содержаний вредных веществ в питьевой воде. Нами была поставлена задача: оценить, насколько минерализация марциальных вод выше водопроводной, и как она соотносится с нормами САНПИН для питьевой воды (СанПиН 2.1.4.1074-01 с изм. 2010).

В результате установлено, что по многим компонентам (за исключением Na, Co) минерализация марциальной воды примерно в 10 раз превышает наблюдаемую, в водопроводной воде г.Петрозаводска. По нормам САНПИН для питьевой воды в целом минерализация находится на допустимом уровне. Использование марциальной воды должно носить умеренный характер. Так употребление минеральной воды в объёме 1 литра полностью компенсирует потребность организма взрослого человека в Fe, Mn, Co и почти компенсирует в Mg. Для остальных элементов, необходимые содержания микрокомпонентов будут соответствовать завышенному уровню потребления жидкости (>10 литров воды), что не может принести пользы организму человека.

Для токсичных компонентов особо стоит отметить повышенные концентрации в воде Be, As и Ni, которое в марциальной воде приближено к предельному уровню по САНПИН. Таким образом, употребление минеральной воды в объёме более 1 литра повышает содержание в организме Be, Ni, As, что должно учитываться в бальнеологии. По остальным токсичным элементам (при употреблении воды в объёме менее 2 литров в день) риски отсутствуют.

Выводы. Минерализация воды происходит в результате взаимодействия инфильтрационных поверхностных вод (в зонах контакта массивов габброидов и углеродистых осадочных пород) с рудными минералами (пиритом, вызывая его окисление) из осадочной толщи. Стабильно значимые концентрации в воде As могут являться маркером того, что кроме пирита в минерализации вод принимает активное участие арсенопирит, что в литературе не отмечалось ранее.

Отмечены вариации состава марциальной воды (как по макро так и микрокомпонентам) в годовых и часовых циклах. Годовые вариации наиболее четко маркируются изменениями в концентрациях Fe, Mg, Ca, Na. Часовые вариации прослежены в содержании Cd, Be, Ag, As. Вариации химического состава воды могут объясняться меняющимся уровнем грунтовых вод (меняющимся количеством поступающих осадков), миграцией областей минерализации в контактовых зонах массива габброидов и осадочных пород.

Для человека вода является источником восполнения таких элементов как: Fe, Mn, Co и Mg, почти компенсируя необходимый уровень поступления данных элементов при использовании воды в объёмах от 1 до 3 литров в день. Однако при этом может повышаться содержание в организме Be, Ni, As, что должно учитываться в бальнеологии. По остальным токсичным элементам (при употреблении воды в объёме мене 3 литров в день) рисков нет.

Употребление воды должно происходить в рамках «лечебных курсов» или непродолжительное время. Постоянное использование для питья марциальной воды не желательно, может приводить к излишним рискам, за счет аккумуляции в организме человека токсичных элементов.

Автор благодарит сотрудников Института геологии КарНЦ РАН; В. Л. Утицыну и М. В. Эхову за консультации и помощь в подготовке экспериментальной части исследования; А. С. Парамонова за проведение масс-спектрометрических исследований.

Список литературы:

1. *Кукушкин Ю. Н. Х*имические элементы в организме человека // Статьи Соросовского Образовательного журнала в текстовом формате, 1998 http://www.alhimik.ru/kunst/man's_elem.html.
2. *Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии* (ред.В. С.Самарина). Петрозаводск, 1987, 151 с.
3. *Светов С. А., Голубев А. И., Степанова А.В., Куликов В. С.* Палеопротерозойские вулкано-плутонические комплексы Онежской структуры //Путеводитель геологических экскурсий XII Всероссийского петрографического совещания. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2015. С.28-54.
4. *Светов С. А., Степанова А. В., Чаженгина С. Ю., Светова Е. Н., Михайлова А. И., Рыбникова З. П., Парамонов А. С., Утицина В. Л., Колодей В. С., Эхова М. В.* Прецизионный (ICP-MS, LA-ICP-MS) анализ состава горных пород и минералов: методика и оценка точности результатов на примере раннедокембрийских мафитовых комплексов// Труды КарНЦ РАН. № 7. 2015. С.54-73. DOI: 10.17076/geo140.
5. *Токарев И. В., Бородулина Г. С., Блаженникова И. В., Авраменко И. А*. Условия формирования железистых минеральных вод по изотопно-геохимическим данным (Курорт «Марциальные воды», Карелия) // Геохимия, 2015, № 1, с. 88–91.

АНОМАЛИИ СВИНЦА В АЛЬПИЙСКИХ ЛАНДШАФТАХ ЗОЛЬСКОГО РАЙОНА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Столяров В. В., к.г.-м.н. (Институт аридных зон ЮНЦ РАН, v.stolyarov@bk.ru)

Исследовано распределение свинца в альпийских ландшафтах междуречья р.Мушты и р.Малка. Пробы для анализа отбирались из горизонта *С* почвенно-растительного слоя, представленного элювиально-делювиальными отложениями, с глубины 0,2-0,4 м. Пробы высушивались, пропускались через сито с ячейкой 0,5 мм, истирались до фракции менее 0,075 мм и анализировались на эмиссионном спектрографе по стандартной методике способом просыпки в ОАО «Кавказгеосъемка». Всего проанализировано более 9000 проб, отобранных с площади около 50 кв. км. На этой площади выделяются три типа ландшафтов: ландшафты субальпийских лугов, ландшафты лесных массивов, а также антропогенные ландшафты, связанные с деятельностью человека (дороги, карьеры). Ландшафты первого типа занимают большую часть и представляют собой сравнительно мягкие, выположенные формы водораздельных пространств с абсолютными отметками 1800-2200 м, где развита горно-луговая субальпийская злаково-разнотравная растительность. В последние годы эта территория используется в качестве сенокосных угодий. Второй тип – резко расчлененные участки склонов многочисленных балок с абсолютными отметками 1200-1800 м, занятых лиственными лесами. Из антропогенных ландшафтов наибольший интерес представляет дорога, пересекающая всю исследованную территорию. Дорога используется, в основном, в летнее время для поездок на экскурсии к подножию горы Эльбрус.

Выявление геохимических аномалий свинца осуществлялось при помощи современных Геоинформационных систем. По результатам площадного геохимического опробования сформирована база данных в виде таблицы Microsoft Excel, в которой отображены содержания элементов в весовых процентах и координаты точек отбора проб. С помощью программного пакета Statistica определен закон распределения. Аномальные содержания определены по правилу «трех сигм». Модальное (или фоновое) значение - $3x10^{-3}$ % в три раза выше кларкового содержания свинца в почве ($1x10^{-3}$ %). Среднее значение логарифмов - 0,938,

дисперсия выборки натуральных логарифмов - 0,321 и среднее квадратичное (стандартное) отклонение логарифмов - 0,567. Нижнее аномальное значение - $0{,}47 \times 10^{-3}$ %,. Верхнее аномальное содержание - 14×10^{-3} %. Таким образом, фоновые содержания свинца колеблются в пределах от 0,47 до 14×10^{-3}%, что составило 97,3 % от общего количества проб. Отрицательные аномалии обнаружены в одной пробе ($0{,}01 \times 10^{-3}$ %). Положительные аномальные значения Pb (14×10^{-3} % и более) в 246 пробах, что составило 2,7 % от выборки. После соответствующих процедур весь массив данных, согласно методическим указаниям [1], интегрирован в программу Golden Software Surfer 10, где была создана поверхность содержаний элемента методом кригинга на основе полученных пространственных данных. Совместная обработка и интерпретация геологических и геохимических данных осуществлялась в Arc Gis 10, модуле Arc Map (рис. 1).

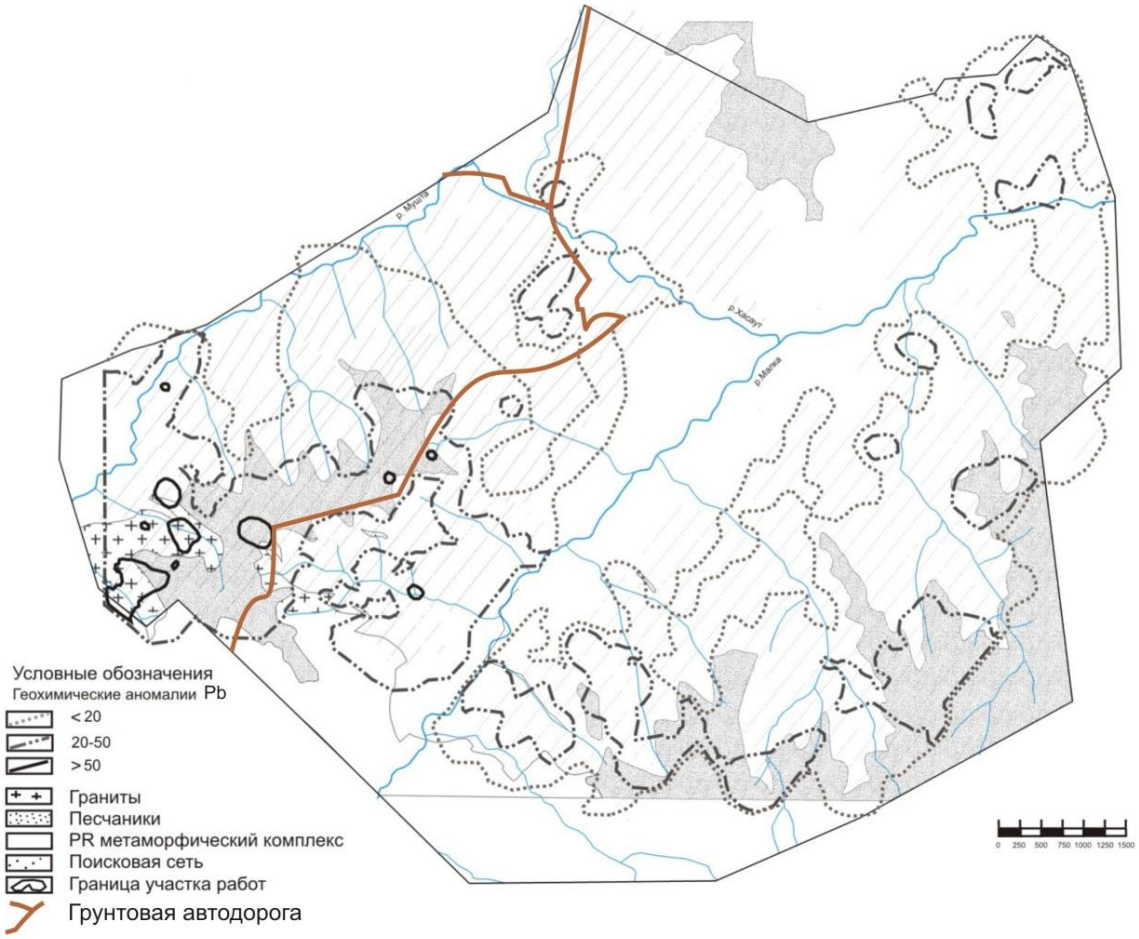


Рис. 1. Карта распределения геохимических аномалий свинца в альпийских ландшафтах Зольского района КБР (на примере Малкинского рудного узла).

По данным статистики значимых различий фоновых концентраций свинца в различных типах ландшафтов не выявлено. Не выявлено также и повышенных концентраций свинца вблизи автомобильной дороги. Все выявленные аномалии свинца распространены преимущественно в южной части исследованной территории и отмечаются в связи с наличием в недрах Чочу-Кулакского полиметаллического месторождения и серии сопровождающих его рудопроявлений, связанных с выходами позднепалеозойских малкинских гранитов и протерозойских кристаллических сланцев, вблизи юрской терригенной толщи и в самих юрских отложениях.

Таким образом, аномалии свинца в альпийских ландшафтах имеют естественное происхождение и не связаны с антропогенными факторами, в частности с наличием автодороги.

Список литературы:

1. *Парада С. Г., Холод Ю. В., Шишкалов И. Ю.* Геохимия вторичных ореолов рассеяния Малка-Муштинского рудного узла // Наука Юга России (Вестник ЮНЦ РАН). 2011. Т. 7, № 3. С. 55-60.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОЗЕР НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЕР Г. ПЕТРОЗАВОДСКА

Сыроежко Е. В. (ПетрГУ, siroezhko.evgeny@yandex.ru)
Научные руководители – к. б. н. Слуковский З. И. (ИГ КарНЦ РАН)
к.г.-м.н. Рязанцев П. А. (ИГ КарНЦ РАН)

Нынешний 2017-й год объявлен в нашей стране годом экологии. Это подчеркивает то, что проблемы загрязнения окружающей среды и здоровья населения являются приоритетными вопросами на самом высоком уровне власти. При эколого-геохимических исследованиях чрезвычайно важно выявление путей миграции и накопления различных химических элементов, в том числе тяжелых металлов (ТМ), во всевозможных компонентах литосферы, гидросферы и биосферы. В этом отношении, исследования донных отложений (ДО) водных объектов и их физико-химических параметров дает представления об экологическом состоянии всех вышеуказанных сфер Земли [5]. Согласно [1], накопление ТМ в пресноводных осадках обусловлено рядом факторов, разделяемых на 3 группы (физических, химических и биологических). На антропогенно нарушенных территориях, проводя исследования состояния водных объектов, необходимо осуществлять отбор проб ДО согласно их стратификации. При этом самые верхние слои осадков (до 20-50 см.) необходимо разделять на небольшие слои, для максимально точного анализа исторического техногенного воздействия на исследуемый водный объект. Использование геофизических методов и оборудования позволяет при этом, с одной стороны, найти наиболее удобное место для отбора колонки ДО, а с другой стороны, оценить мощность различных генетических типов осадочных образований, слагающих всю толщу ДО [3].

Цель данного исследования – оценить возможность использования геофизических и геохимических методов при эколого-геологическом изучении малых озер Карелии, расположенных на антропогенно нарушенных территориях. Примером такой территории является территория города Петрозаводска, крупнейшего города, данного региона РФ [2]. В данной публикации приводятся данные изучения оз. Четырехверстного, расположенного в юго-восточной части города [4].

В соответствии с целью работы сформулированы следующие задачи:

• изучить геофизические и геохимические методы, используемые при решении эколого-геологических задач;

• используя метод георадиолокации, провести расчленение литологического разреза дна, определить его морфологию с целью определения места, наиболее подходящего для отбора проб ДО;

• произвести геохимическое опробование ДО;

• установить основные закономерности распределения микроэлементов, в том числе ТМ, в толще воды и аккумуляции их в донных отложениях;

• произвести анализ полученных результатов.

Для оценки морфологии дна и корректировки мощности толщи воды был использован геофизический метод георадиолокации. Георадарные исследования проводилось при помощи георадара ОКО-2 с антенным блоком 150М (частота 150 МГц) в течении 2016 г. Отбор проб ДО производился при помощи пробоотборника Limnos для самых верхних слоев озерных осадков и ручного торфяного бура для более глубоких слоев отложений, подстилающих те, которые недоступны для Limnos'а. Верхняя колонка донных отложений разделялась на слои по 2-5 см, в более глубоких озерных осадках отбор проводился через 10-50 см. Содержание микроэлементов, в том числе концентрации Pb, в пробах ДО определяли масс-спектральным методом на приборе XSeries-2 ICP-MS.

Анализ исследованных ДО указанных выше городских озер показал, что все они преимущественно относятся к типу сапропелей – самому распространенному типу пресноводных осадков озер Республики Карелии с содержанием органического вещества более 15%.

По результатам георадарных исследований были построены карты глубин озера и мощности ДО оз. Четырехверстного (рис. 1), было выбрано место, находящееся зоне аккумуляции осадков, наиболее перспективное для бурения скважины (Скв. 1) ручным буром и отбора колонки ДО. Данные о мощности ДО полученные при анализе радарограмм коррелируются с результатами ручного бурения.

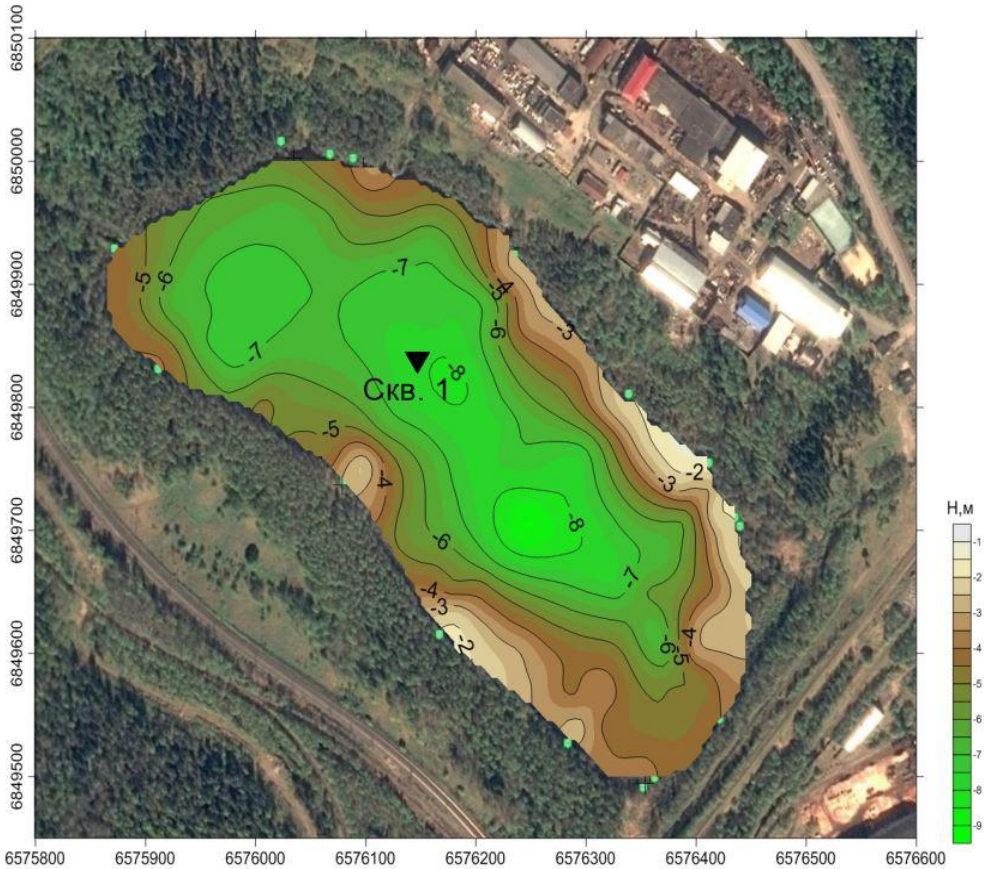


Рис. 1. Карта мощностей ДО оз. Четырехверстного, полученная при помощи метода георадиолокации.

В верхней части колонки ДО оз. Четырехверстного (рис. 2) установлено два почти равнозначных «пика» аномально высоких концентраций Pb, приуроченных к глубинам 12-14 см и 18-20 см. При этом все осадки, изученного разреза современных отложений озера до глубины 26 см имеют повышенный уровень содержания Pb в ДО. Медианное фоновое содержание Pb в сапропеле озера равно 8,4 мг/кг, в глине, подстилающей сапропель – 15,3 мг/кг.

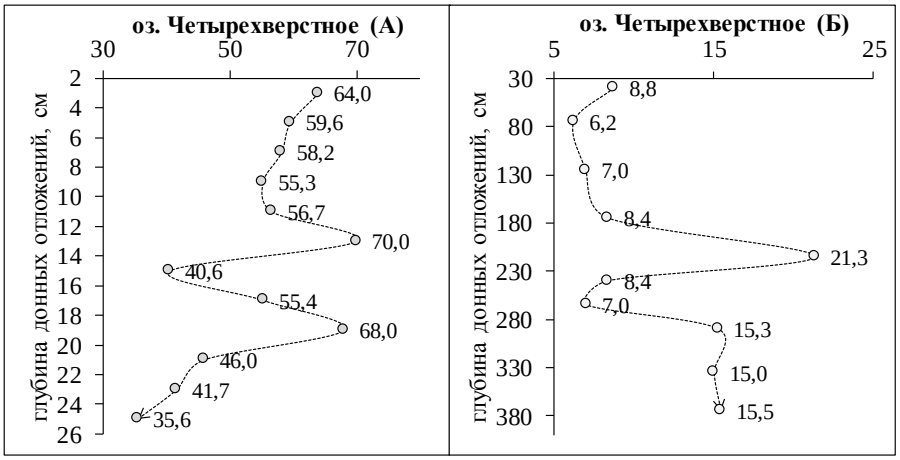


Рис. 2. Распределение концентраций Pb в донных отложениях (в т. ч. сапропелях) оз. Четырехверстного (А – верхняя часть разреза, Б – нижняя часть разреза)

Помимо общего загрязняющего фона города, необходимо также учитывать локальные источники загрязнения, распложенные вблизи изучаемого объекта. Таким источником для оз. Четырехверстного являются выбросы автомобильного и железнодорожного транспорта, поскольку соответствующие объекты инфраструктуры проходят в 100- метровой близости от водоема по направлению господствующих ветров на территории г. Петрозаводска (Повышенное содержание свинца в поверхностном слое донных отложений – индикатор газовых выбросов от сгорания топлива различных транспортных средств) [4].

Благодаря выполненной работе удалось выяснить эффективность использования георадара при исследовании малых озер г. Петрозаводск, а также оценить концентрации тяжелых металлов во взятых пробах ДО.

По результатам спектрального анализа было выявлен геохимический индикатор (Pb) техногенного воздействия на изучаемый водный объект.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00026 мол_а.

Список литературы:

1. *Даувальтер В. А.* Геоэкология донных отложений озер. Мурманск. Изд-во МГТУ, 2012. 242 с.
2. *Ред. Литвиненко А. В, Редгард Т. И.* Водные объекты города Петрозаводска: Учебное пособие. Петрозаводск. Карельский научный центр РАН, 2013. 109 с.
3. *Рязанцев П. А., Слуковский З. И., Родионов А. И.* Георадарное обследование донных отложений малых озер Карелии // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика). Материалы V Международной конференции молодых ученых (5–8 сентября 2016 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. С. 205 – 210.
4. *Слуковский З. И., Медведев А. С.* Содержание тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях озер Четырехверстного и Ламбы (г. Петрозаводск, Республика Карелия) // Экологическая химия. № 1. 2015. с. 56-62
5. *Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. и др.* Экологические функции литосферы. М.: МГУ, 2000. 432 с.

III. СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ПЛЕНКАХ ДИОКСИДА ВАНАДИЯ

Бурдюх С. В. (ИГ КарНЦ РАН, burduch@gmail.com)
Научный руководитель – к. ф.-м. н. Березина О. Я. (ПетрГУ)

В диоксиде ванадия при температуре 68°C наблюдается фазовый переход металл-изолятор (ПМИ), что делает данный материал перспективным в плане поиска новых решений в области разработки функциональных устройств оксидной электроники [2, 5]. При нагревании до температуры выше 68°C моноклинная фаза диоксида ванадия переходит в тетрагональную. Исследование влияния легирования на ПМИ в диоксиде ванадия имеет большое значение для понимания природы этого явления. В частности, в работе [1] показано, что гидрирование, т.е. легирование водородом, приводит к существенной модификации электрических свойств VO_2, а в [4] сообщается, что внедрение водорода приводит к стабилизации металлической фазы. В [6] предлагается использовать указанный эффект для разработки газовых сенсоров - датчиков водорода.

Образцы пленок поликристаллического диоксида ванадия VO_2 толщиной 200 nm на ситалловых и кремниевых подложках были изготовлены на установке AJA ORION 5 методом реактивного магнетронного распыления в атмосфере смеси аргона и кислорода (парциальные давления Ar – 4,3 Torr, O_2 – 0,7 Torr, мощность DC генератора – 200 W) с последующим отжигом при температуре 500°C.

На образцах с ситалловой подложной снимались температурные зависимости удельной электропроводности пленок VO_2 четырехзондовым методом. Рентгеновские исследования проводились для образцов на кремниевой подложке с помощью дифрактометра ARL X'TRA (Cu K_α-излучение) с высокотемпературной камерой HTK 2000. Высокотемпературная камера HTK 2000 предназначена для рентгенометрических исследований образцов в диапазоне температур от 25 до 1600 °C в воздухе, вакууме или атмосфере инертного газа. Производилась съемка линии (110) VO_2 при различных температурах в воздухе. По положению пика можно судить, в какой фазе находится VO_2.

Гидрирование (легирование водородом) пленок проводилось методом плазменно-иммерсионной ионной имплантации (ПИИИ) на специально созданной установке [3]. ПИИИ происходила при погружении образца в водородную плазму при давлении 4 Па и подаче на него импульсов отрицательного напряжения 2 кВ. Ток импульса I_{imp} = 50 мА. Доза имплантации составила $7{,}5\cdot10^{16}$ см$^{-2}$.

На рисунке 1 изображены профили дифракционной линии (110) VO_2 при различных температурах для исходной пленки и пленки после имплантации водорода. В таблице 1 представлены межплоскостные расстояния.

На рис. 2. представлены температурные зависимости удельной электропроводности пленок VO_2 на ситалловой подложке до и после имплантации водорода. Часть образца была закрыта маской, однако, судя по температурной зависимости сопротивления (рис. 2, кривая 2), гидрирование этой части небольшой дозой водорода все равно произошло.

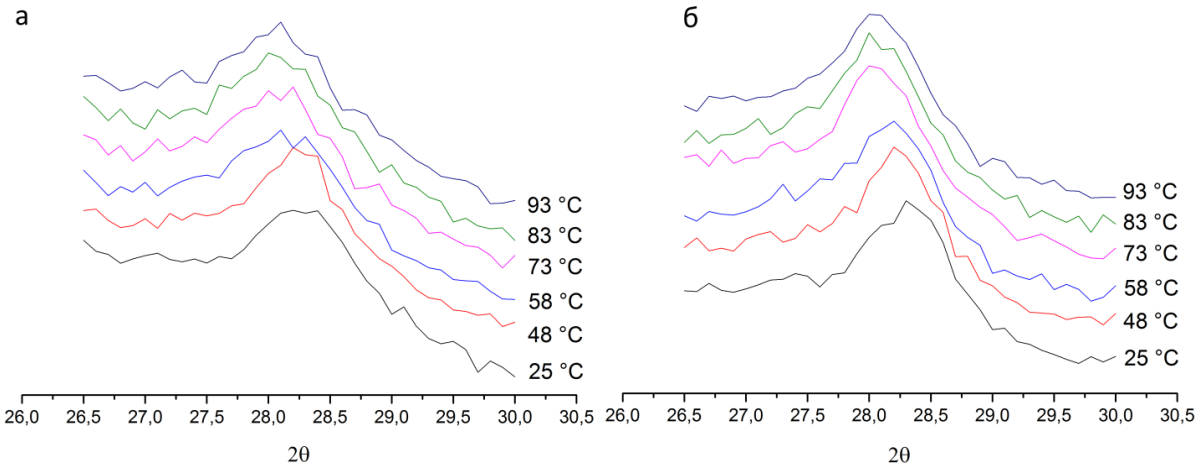


Рис. 1. Дифракционная линия (110) VO_2 при различных температурах:
а) исходного; б) после гидрирования.

Табл. 1. Межплоскостные расстояния для исходной пленки VO_2 и пленки VO_2 после имплантации

	VO_2	VO_2+H_2
t(ºC)	d(Å)	d(Å)
25	3,154	3,155
48	3,159	3,166
58	3,173	3,168
73	3,172	3,177
83	3,175	3,176
93	3,179	3,176

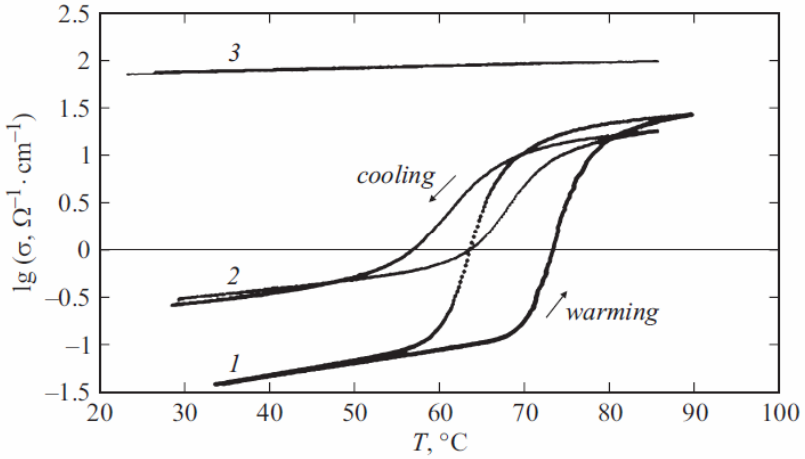


Рис.2. Температурная зависимость удельной электропроводности пленки VO_2.Кривая 1 - исходный образец; 2 - зона, закрытая маской; 3 – зона с имплантацией водорода.

Из данных рентгеноструктурного анализа можно сделать вывод, что при комнатной температуре и исходная пленка VO_2 и пленка после имплантации водорода находятся в моноклинной фазе. При нагревании происходит переход в тетрагональную фазу. При этом температура перехода у обеих пленок остается одинаковой – приблизительно 68 ºС. Проникновение ионов водорода при гидрировании происходит на небольшую глубину и,

судя по удельной электропроводности пленок, в результате ПИИИ произошла металлизация, но только поверхности пленки.

Список литературы:

1. *Андреев В. Н., Климов В. А.* // ФТТ. 2012. Т. 54. С. 562.
2. *Березина О. Я., Казакова Е. Л., Пергамент А. Л., Сергеева О. В*. // Ученые записки ПетрГУ. 2010. Н. 6. С. 77.
3. *Бурдюх С. В., Стефанович Г. Б., Пергамент А. Л., Березина О. Я., Авдеев Н. А., Черемисин А. Б.* // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42, В. 1. С. 65 – 71.
4. *Lin J., Ji H., Swift M. W., Hardy W. J., Peng Z., Fan X., Nevidomskyy A. H., Tour J. M., Natelson D*. // Nano Lett. 2014. V. 14. P. 5445
5. *Pergament A. L., Stefanovich G. B., Velichko A. A.* // Journal on Selected Topics in Nano Electronics and Computing. 2013. V. 1. N. 1. P. 24.
6. *Simo A., Mwakikunga B., Sone B. T., Julies B., Madjoe R., Maaza M*. // International Journal of Hydrogen Energy. 2014. V. 39. P. 8147.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ ЗАЛЕЖЕЙ МАКСОВИТОВ

Дейнес Ю. Е. (ИГ КарНЦ РАН, deines@krc.karelia.ru)

Для уменьшения стоимости работ при поисках залежей максовитов все чаще используют геофизические методы. Основываясь на контрастности физических свойств максовитов и вмещающих пород [2], для выявления залежей рекомендуется применять методы электроразведки и гамма-съемку. При поисках необходимо учитывать структурные признаки: форма залежей (купольные структуры), их приуроченность к антиклиналям третьего порядка (валам) в пределах синклинальных структур второго порядка (Толвуйская, Хмельозерская и др. синклинали Онежского синклинория), система залежей с характерной длиной волны (расстоянием между соседними куполами, находящимися на одном валу); а также стратиграфические признаки: формирование по шестому шунгитоносному горизонту (заонежская свита людиковийского надгоризонта нижнего протерозоя Карелии), повышенная радиоактивность пород седьмого шунгитоносного горизонта, наличие в разрезе заонежской свиты шунгит-лидит-доломитового комплекса. В природе встречаются как обнажения максовитов, так и залежи, перекрытые четвертичными отложениями и (или) коренными породами.

На участке Огоровцы залежь максовитов не выходит на поверхность, а перекрыта четвертичными отложениями небольшой мощности и шунгитоносными породами (ШНП) седьмого-восьмого горизонтов [1]. В структурном отношении участок Огоровцы находится на огоровском вале Толвуйской синклинали, имеющем простирание, примерно, параллельное максовскому валу, а предполагаемая в пределах участка залежь максовитов хорошо вписывается в систему купольных диапировых построек севера Толвуйской синклинали. На участке в 2004-2007 гг. была разбита сеть профилей и поставлен комплекс геофизических методов. По результатам измерений методом ЕЭП построен план изолиний потенциала ЕП. Обнаруженная интенсивная отрицательная аномалия ЕЭП предположительно вызвана ШНП восьмого горизонта, который в северо-западной части участка оконтуривается зоной положительных значений dU.

Так как аномалия ЕЭП более широкая, чем аномальная зона гамма-излучения, можно предположить, что мы имеем дело с купольной структурой, над которой породы восьмого горизонта ШНП, дающие аномалию ЕЭП, были подняты и в дальнейшем эродированы.

На геоэлектрическом разрезе, полученном по результатам измерения методом СГ, отмечаются несколько зон с низким удельным сопротивлением (до десятых долей Ом*м), что характерно для ШНП. Также на разрезе можно выделить несколько зон повышенного сопротивления, что, по мнению автора, связано с разломами. По-видимому, разломы образовались в процессе формирования диапировой структуры и заполнены брекчией доломитов и алевролитов, а фиксирование их уже на глубине 10 м свидетельствует о близости купола к поверхности.

В целом строение участка можно представить как локализованное тело максовитов, сформированное по шестому горизонту ШНП, частично выходящее под четвертичные отложения, а частично перекрытое вышележащими породами.

На участке Тетюгино также был поставлен комплекс геофизических методов для выявления залежи максовитов. По результатам измерений методом ЕЭП построен план изолиний потенциала ЕП, на котором видны несколько обособленных участков с относительно низкими потенциалами, разделенными зонами относительно высоких значений dU. Учитывая известные геологические сведения по участку, можно выделить девятый-седьмой шунгитоносные горизонты. В юго-западной части планшета хорошо фиксируется линейная граница, которая характеризует переход между антиклиналью и синклиналью.

По данным СГ, в северо-западной части участка выделяется аномальная

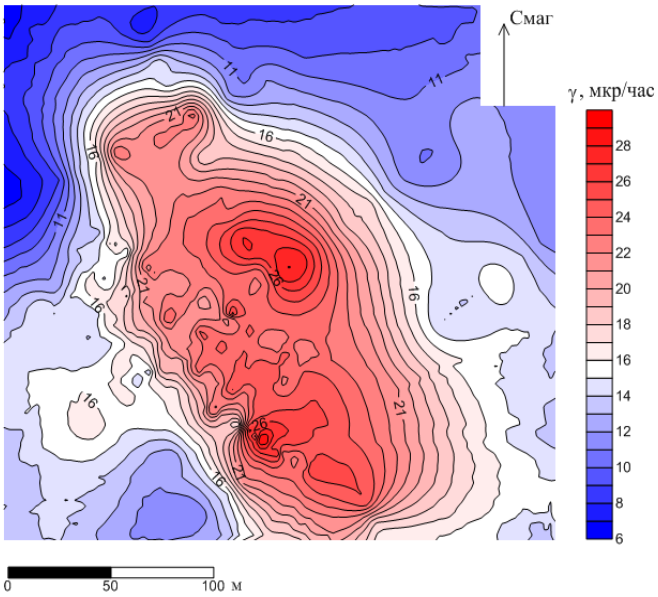


Рис. 1. План изолиний мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (мкр/ч). Участок Огоровцы.

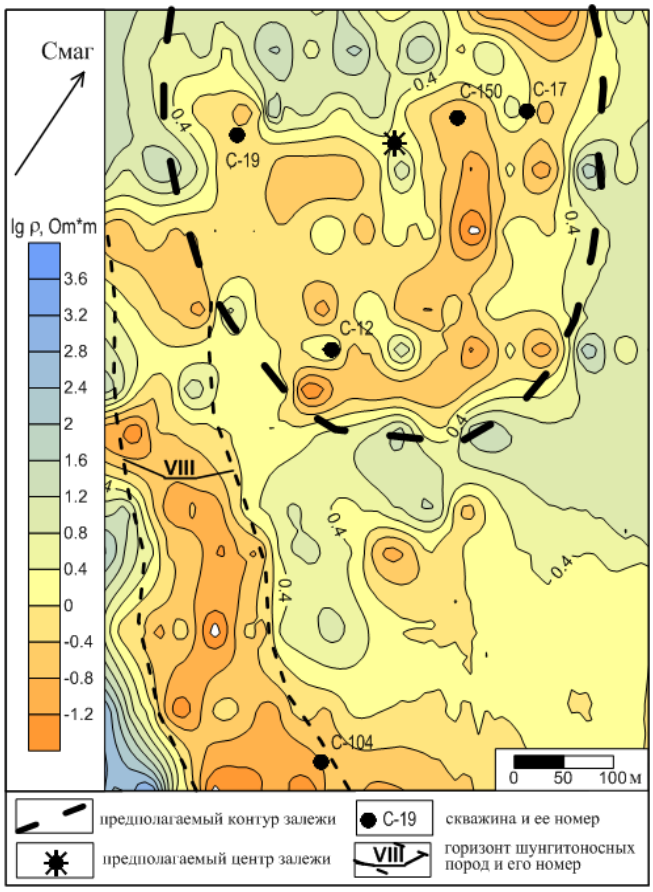


Рис. 2. План изолиний lg ρ (Ом*м).
Глубина среза 16,7 м. Участок Тетюгино.

зона с отрицательными значениями lg ρ (рис. 2). Можно предположить, что эта аномалия вызвана максовитами. С глубиной площадь зоны увеличивается. Она имеет форму полуовала, вытянутого по направлению, совпадающему с осью максовского вала. На этом основании мы можем предположить, что методом СГ фиксируется центральная часть диапировой структур, развитой по шестому шунгитоносному горизонту. Также по результатам СГ были построены геоэлектрические разрезы на глубину 30 м. Практически на всех разрезах выделяются вертикальные аномальные зоны с повышенным значением ρ, что, вероятно, соответствует зонам разлома. Таким образом, через весь участок трассируются региональные разломы. Помимо выделенных зон, на некоторых разрезах, предположительно проходящих через купольную структуру, фиксируются также и другие разломы, скорее всего образовавшиеся в результате развития диапировой структуры, то есть локальные разломы.

По имеющимся данным можно сделать вывод о том, что с помощью геофизических методов можно определить изометричность и размеры залежей максовитов (метод СГ, гамма-съемка), их приуроченность к антиклиналям третьего порядка (метод ЕП), наличие краевой синклинали (метод ЕП), а также наличие локальной надкупольной блоковой тектоники (метод СГ).

Список литературы:

1. *Михайлов В. П., Купряков С. В.* Отчет о результатах детальной разведки юго-восточной (Максовской) залежи Зажогинского месторождения шунгитовых пород за 1982-85 гг.: Фонды ККГРЭ, ПГО «Севзапгеология», Петрозаводск, 1985.
2. *Филиппов М. М.* Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, 2002. 280 с.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ СЕТЬ КОСТОМУКШСКОГО РАЙОНА

Зуева И. А. (ИГ КарНЦ РАН, ek92wa@mail.ru)
Научный руководитель — д.г-м.н. Шаров Н. В. (ИГ КарНЦ РАН).

Для слабоактивной в сейсмическом отношении Карелии наиболее яркими сейсмическими событиями до сих пор являются карьерные взрывы. Исследование карьерных взрывов представляет особый интерес, связанный с возможностями решения на его основе многих сейсмологических задач. Наиболее актуальной задачей является составление сейсмических каталогов и изучение типовых черт сейсмических сигналов от карьерных взрывов, как источника помех при исследовании землетрясений.

На территории Карелии в настоящее время функционирует 5 широкополосных сейсмических станций [1]. Две из них находятся в Костомукшском районе (KOST и KOS6). Станции установлены на расстоянии 10-15 км от карьеров. В регионе регистрируется значительное число сейсмических событий, которые соотносятся к карьерным взрывам. Станции в течение месяца регистрируют более 50 сейсмических событий на разных эпицентральных расстояниях, которые произошли на территории Финляндии, Швеции, Норвегии, Мурманской области. Сильные телесейсмические события также видны на записях станций карельской сети.

Взрывы в карьерах АО "Карельский окатыш" происходят 7-9 раз в месяц, их магнитуда составляет 1.5- 2.5 (Табл. 1).

Таблица 1. Каталог взрывов в АО "Карельский окатыш" за январь-февраль 2016 года.

			Время взрыва	Широта	Долгота	
Год	Месяц	День	по Гринвичу	Десятичные градусы		Магнитуда
Year	Mon	Day	HR:MN:SEC	Lat	Lon	Magnitude
2016	1	4	10:10:58	64,8	30,7	2,26
2016	1	12	10:01:24	64,688	30,758	2,5
2016	1	14	09:59:10	64,696	30,665	2,46
2016	1	20	09:58:34	64,83	30,72	2,3
2016	1	22	09:59:25	64,758	30,688	2
2016	1	26	10:59:30	64,678	30,745	2
2016	1	28	10:20:10	64,709	30,66	2,42
2016	1	29	10:02:31	64,724	30,656	1,6
Year	Mon	Day	HR:MN:SEC	Lat	Lon	Magnitude
2016	2	2	10:58:45	64,706	30,67	1,71
2016	2	5	9:58:29	64,7	30,658	1,52
2016	2	9	11:00:25	64,7	30,786	2,2
2016	2	12	09:58:44	64,734	30,696	2,2
2016	2	16	10:00:05	64,715	30,639	1,8
2016	2	19	10:06:08	64,77	30,649	2,1
2016	2	24	09:59:10	64,729	30,708	2,3
2016	2	26	09:58:26	64,72	30,672	2,2

Таким образом, станции KOST и KOS6 регистрируют различного рода события. Близкое расположение станций с карьерами позволяет более точно определять координаты взрывов. Обработанные данные используются в составлении каталогов местных событий.

Список литературы:

1. *Шаров Н. В., Маловичко А. А., Щукин Ю. К.*. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1: Землетрясения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 381 с.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ АТМОСФЕРЫ И ПРМПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗЕМЛИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГРОЗОВЫХ ФРОНТОВ В КАРЕЛИИ

Казанович Л. В. (ПетрГУ, kazanovich.lyudmila@yandex.ru),
Юзвюк М. Х. (ПетрГУ, qesada21@gmail.com)
Научный руководитель – Соколов С. Я. (ИГ КарНЦ РАН)

Люди с давних времен до настоящего времени занимались исследованием молний. Разряды молний поражают людей, нарушают энергоснабжение, связь, работу объектов повышенной грозоопасности и т. д.. Помимо вреда, молнии «производят» необходимый растениям азот, во время гроз очищается воздух, поддерживается электрическое поле Земли.

В древности философы (Анаксимен, Сократ, Демокрит) пытались объяснить природу грома и молнии. В XVIII в. натурные исследования проводили М. В. Ломоносов, Г. В.

Рихман, Б. Франклин и многие другие. И. С. Стекольников в сер. XX в. занимался моделированием разрядов молний в зависимости от рельефа и проводимости земной поверхности [4]. Многие геологи обращали внимание на аномальное поведение грозовых фронтов при прохождении над проводящими геологическими образованиями (зоны тектоники, отдельные рудные тела и месторождения): Л. И. Боровиков, Б. Ш. Русинов, В. М. Сапожников, С. Я. Соколов и другие [1 – 3]. В работе сотрудников ИГ КарНЦ РАН и ГГО им. Воейкова [2] для территории Карелии выявлены аномалии повышенной грозовой активности, связанные как с некоторыми геологическими структурами, так и отдельными телами. Рассмотрим развитие грозового разряда на границе приповерхностного слоя земли и атмосферы.

Молния – разновидность газового разряда при очень большой длине искры. Причиной возникновения молний является образование большого объемного электрического заряда. Обычным источником молний являются грозовые кучево-дождевые облака. Верх грозового облака находится на высоте 6–7 км, иногда 10 км (заряжен положительно), низ – на высоте 0.5–1 км (заряжен отрицательно). При накоплении зарядов в облаке возрастает напряженность электрического поля (~ 1 МВ/м), пока не наступит порог пробоя промежутка. В значительной части облака напряженность должна быть достаточной для поддержания разряда (~ 0.1–0.2 МВ/м). Длина разряда молнии — 2−3 км. Продолжительность одного разряда ~ 10^{-6} с. Наиболее мощные разряды происходят, когда в Земле присутствует зона повышенной электропроводности.

Разряд развивается в лидерной форме, представляющей собой последовательный ряд стримеров, сдвинутых один по отношению к другому в пространстве и во времени. Поведение молнии при относительно однородно заряженной земной поверхности показано на рисунке 1.

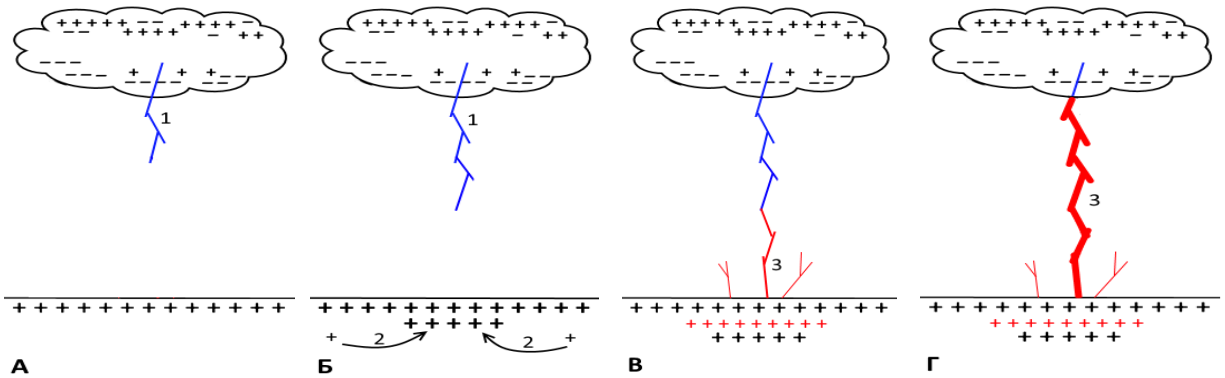


Рис. 1. Стадии развития разряда: А – начальная стадия лидера при нормальном электростатическом поле земли, Б – последняя стадия лидера при нормальном и индуцированном поле; В – возникновение зоны интенсивной ионизации вблизи поверхности земли; Г – заключительная стадия развития обратного разряда; 1 – канал лидера; 2 – индуцированные заряды; 3 – канал обратного разряда.

По мере продвижения лидера под действием его поля противоположные по знаку заряды в земле стремятся расположиться ближе к нему. В случае однородного грунта эти заряды скапливаются непосредственно под лидерным каналом.

Траектория лидера на первых стадиях развития не связана с земными объектами. Начиная с некоторой высоты ориентировки (~300–600 м), на него начинают влиять скопления зарядов в земле и объектах с повышенной проводимостью, что и приводит к ориентированию молнии.

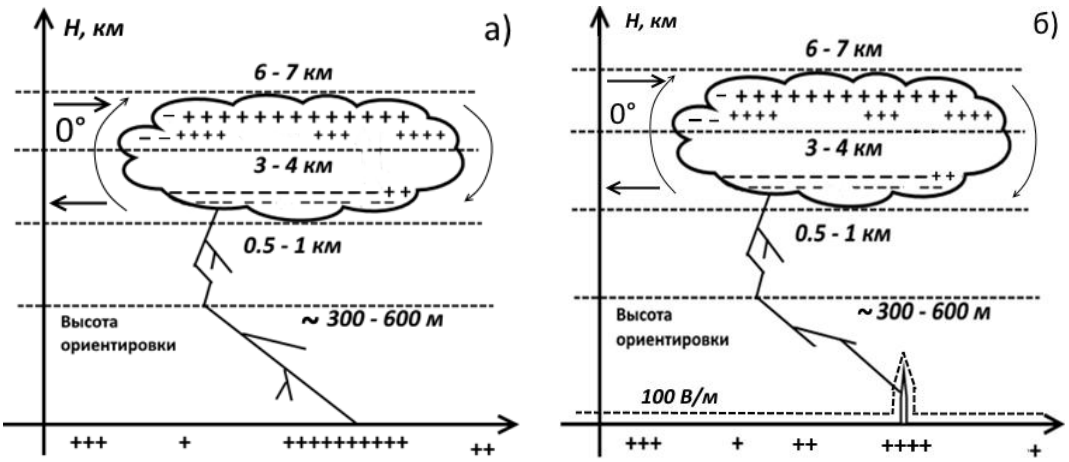


Рис. 2. Иллюстрация избирательной поражаемости рудного тела (а), ТВ-мачты (б).

Грозовое облако и земную поверхность можно представить в виде сферического «конденсатора» с неоднородными по проводимости «пластинами» и диэлектриком между ними.

Далеко от поверхности земли преобладающее влияние на путь молнии оказывают неоднородности в воздухе, а в случае приближения разряда к земле доминирует фактор проводимости приповерхностного воздушного слоя, проводимости слоев земли и объектов на поверхности.

На основе обработанной литературы и данных из интернета автору удалось выявить наиболее приемлемые методы для наблюдений за интенсивностью грозовой деятельности: визуально-слуховой; аудио-оптический; дендрологический; с помощью спутников; пеленгационный. Визуально фиксировать места ударов молнии можно по фульгуритам, поражениям линий связи и энергоснабжения.

В результате всестороннего рассмотрения процессов зарождения грозы, развития пути молнии, моделирования и визуализации разрядов, натурных наблюдений за прохождением грозовых фронтов можно сделать вывод, что ориентировка разряда молнии на земную поверхность наступает с расстояния 300–600 м на объекты с большой проводимостью: геологические и рукотворные.

Список литературы:

1. *Боровиков Л. И.* Гроза и тектоника [Текст] / Л.И. Боровиков, Б.Ш. Русинов // Природа. — 1973.— № 1. — С. 90–94.

2. *Соколов С. Я. Соколов С. Я., Куликов В. С., Снегуров В. С., Снегуров А. В.* Новый этап в изучении связи грозовой активности с особенностями геологического строения территории Карелии // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными: Материалы XIV международной конференции… Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 2 ч., С. 208–211.

3. *Сапожников В. М.* Исследование плотности молний методом дендрохронологии. Атмосферное электричество / В. М. Сапожников // Труды III Всесоюзного симпозиума. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988. — С. 219–222.

4. *Стекольников И. С.* Физика молнии и грозозащита / И.С. Стекольников. — отв. ред. акад. А.Ф. Иоффе. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1943. — С. 230.

МОНИТОРИНГОВЫЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА АО «КАРЕЛЬСКИЙ ОКАТЫШ»

Кондаков А. А. (ПетрГУ, llion-banks@mail.ru)
Лебедев А. А. (ИГ КарНЦ РАН, stayxalert@gmail.com)
Зуева И. А. (ИГ КарНЦ РАН, ek92wa@mail.ru)
Научный руководитель – д.г-м.н. Шаров Н. В. (ИГ КарНЦ РАН)

Костомукшское железорудное месторождение - крупнейший промышленный центр Карелии, расположенный в центральной части Фенноскандинавского щита, сложенный архейскими и протерозойскими комплексами пород, перекрытых маломощным чехлом четвертичных отложений. Здесь были открыты крупные залежи магнетитовых кварцитов [1]. Активно разрабатываемое месторождение в районе г. Костомукша делает техногенную сейсмичность довольно серьезной проблемой для жилых зданий и промышленных сооружений. Здесь разрабатываются самые крупные карьеры Республики Карелия. Масса взрывчатых веществ достигает от 100 до 1000 тонн при короткозамедленном взрывании. На территории АО «Карельский окатыш» действуют шесть карьеров: Центральный, Южный, Северный (Северный 2, 3), Корпанга (Западный, Восточный) (рис.1а). Карьерами отрабатывается основная рудная залежь, проектная глубина карьеров 700 м. Они вытянуты с юга на север, их общая протяженность на данный момент достигает 25 км [2].

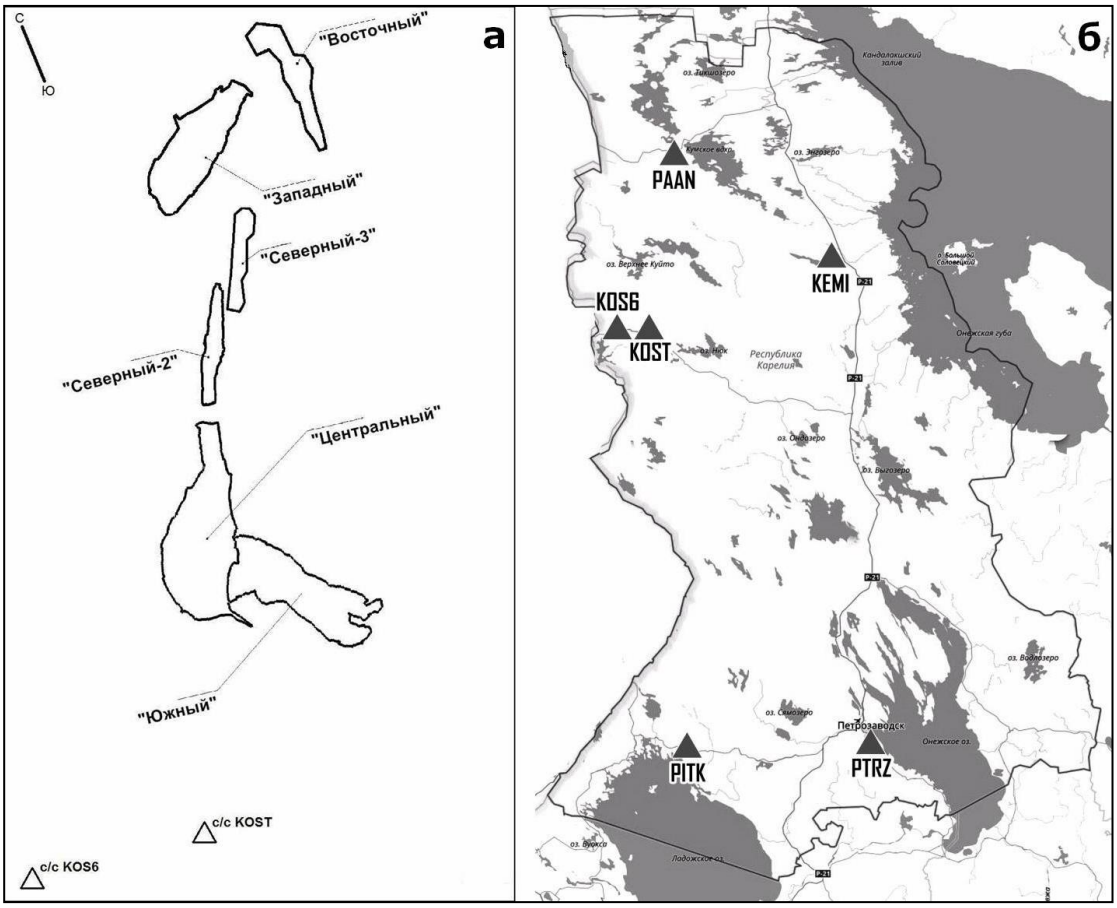


Рис 1. Схема расположения карьеров АО «Карельский окатыш» (а) и расположение сейсмостанций на территории Карелии (б).

Для изучения глубинного строения и сейсмического режима территории Карелии в 1999 г. сотрудники Института геологии основали региональную сейсмологическую сеть [3]. Основными регистрируемыми событиями являются карьерные взрывы. На 2016 год сейсмическая сеть Республики Карелия состоит из широкополосных сейсмических станции производства Guralp (Великобритания). Станции KOS6 и KOST (CM3-KB) располагаются в 10-15 км от г. Костомукша, KEMI (функционировала до 2016 года) в п. Кривой порог Кемского района, PITK в п. Леппясилта Питкярантского района, PTRZ (CMG-3ESP) в г. Петрозаводск, PAAN в п. Пяозерский Лоухского района (рис.1б).

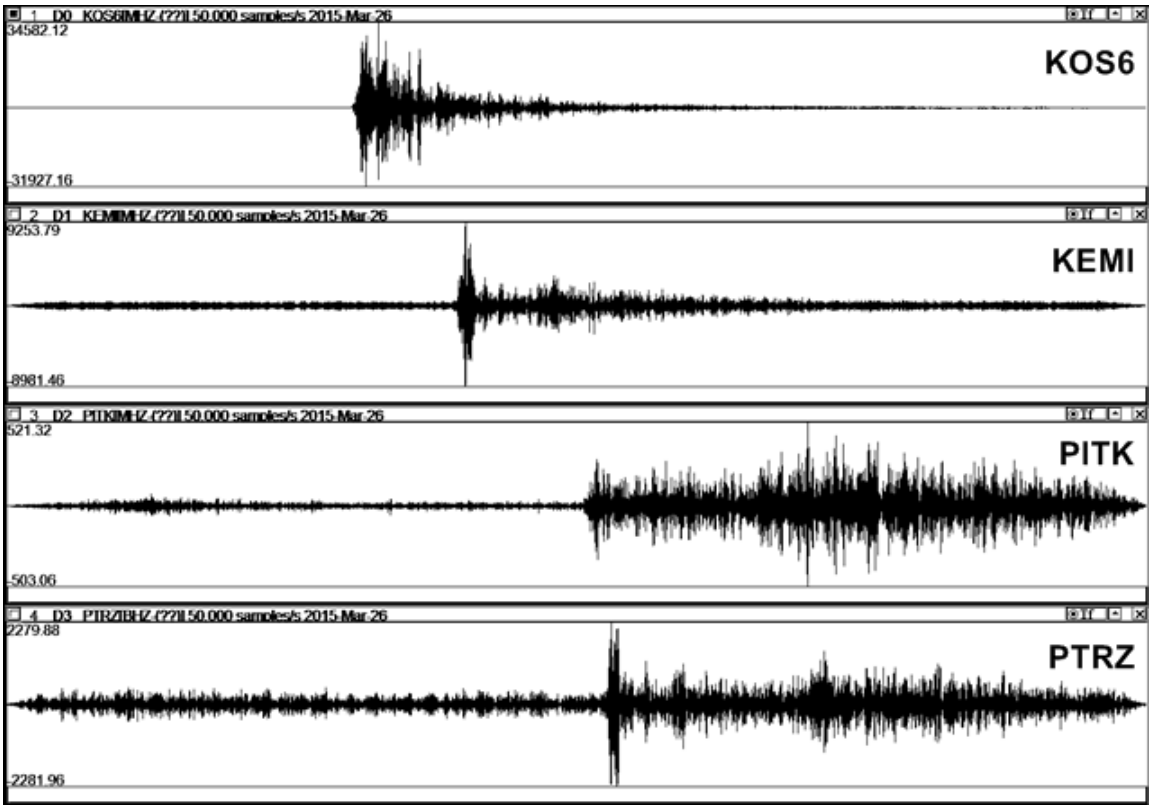


Рис 2. Пример волновых форм взрыва в карьере «Западный» по данным станции Карельской сети. Заряд 746360 кг, продолжительность 2395 мс.

Синхронизация сейсмических данных по времени осуществляется с помощью GPS-приемников, данные автоматически записываются в память компьютера станции и передаются на сервер хранения. Все сейсмометры регистрируют сейсмические события в диапазоне частот от 0,1 до 50 Гц. На рисунке 2 приведен пример записи взрыва (Z-компонента), произведенного в карьере «Западный» АО «Карельский окатыш», который зарегистрирован всеми станциями Карельской сети. Данный пример показывает нам, что наиболее сильные карьерные взрывы регистрируются станциями на удалении 100 и более км и позволяют более точно лоцировать произошедшие события, используя их в непосредственной обработке.

Для уточнения параметров были произведены измерения отметки момента взрыва непосредственно в самом ГОКе. Переносная сейсмическая станция, установленная в карьере ГОК, позволила получить новые данные о времени в очаге. Эти значения позволят нам рассчитать более точное значение времени пробега до других станций региона, которое можно будет использовать при обработке и распознавании костомукшских взрывов.

Список литературы:

1. Костомукшский рудный район (геология, глубинное строение и минергаения) // от ред. В. Я. Горьковец, Н. В. Шаров. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 322 с.
2. *Зуева И. А., Лебедев А. А., Шаров Н. В*. Анализ промышленных взрывов на Костомукшском железорудном месторождении за 2015 год // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Одиннадцатой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2016. С. 143-146.
3. *Шаров Н. В., Маловичко А. А., Щукин Ю. К*. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1: Землетрясения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 381 с.

СТРОЕНИЕ И ГЕНЕЗИС КОТЛОВИН МАЛЫХ ОЗЕР ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ ПО ДАННЫМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ И ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

Павловская Е. А. (СПбГУ, pavlovskaia.elena@gmail.com)
Научный руководитель — к.г.-м.н. Шитов М. В. (СПбГУ).

Введение. Геологическая история юго-восточного Приладожья в позднем плейстоцене – голоцене связана с ключевыми палеогеографическими событиями регионального масштаба, главными из которых являются прорыв вод из Онежского приледникового озера (ОПО) в ладожский плес Балтийского ледникового озера с последующим формированием современной речной сети, а также трансгрессивно-регрессивные перемещения береговых линий разновозрастных ладожских палеобассейнов [1, 2]. В голоценовое время Ладожское озеро испытало две трансгрессивные фазы развития, которые проникали в район г. Лодейного поля [4]. Раннеголоценовая трансгрессивная фаза с подъемом воды до отметок более 10 м абс. высоты, против современных 5 м, завершилась к началу атлантического времени. Позднеголоценовая фаза, так называемая ладожская трансгрессия, началась около 5 тыс. лет назад и достигла максимума (более 14 м абс. высоты) около 3 тыс. ^{14}C лет назад. В ходе этих событий уровни различных палеобассейнов достигали близких высотных отметок [3]. Это привело к пересечению древних береговых линий различных палеобассейнов, что существенно затрудняет палеогидрологическую интерпретацию геологических и геоморфологических данных. Реконструкция геологической истории региона возможна на основе изучения генезиса котловин малых озер.

В ходе полевых работ 2012–2013 гг. под руководством А.А. Потаповича для уточнения стратиграфии и геохронологии позднеледниковых и голоценовых отложений района на акватории озер Охтальское, Цыганское, Рыбье и Глухое, расположенных к юго-западу от г. Лодейное Поле, при помощи торфяного бура были отобраны четыре колонки донных отложений, представленных сапропелями, супесями, в том числе карбонатными и подсапропелевыми торфяниками; на побережьях озер были пройдены 7 скважин ручного бурения глубиной до 20 м. Судя по этим данным, озерные котловины образовались еще в аллереде, причем имеются признаки принципиально различного генезиса озерных котловин, находящихся на расстоянии не более 2 км друг от друга в несколько различных геоморфологических условиях. Для установления максимальных мощностей и полноты разрезов, выявления морфологии подиловой поверхности и уточнения генезиса озерных котловин в феврале 2016 г. под руководством В.И. Кашкевича со льда озер Цыганское, Глухое и Рыбье были проведены георадилокационные и электротомогрофические работы, результаты которых приведены в настоящей работе. При проведении геофизических работ использовались георадар «ОКО-2» с антенной АБ-150 и электроразведочная аппаратура

«Скала-48», полученные материалы были обработаны с использованием программ GeoScan32 и ZondST2D.

Результаты. Данные электротомографии хорошо согласуются с результатами бурения. Бурением вблизи оз. Рыбьего вскрыты пачки торфа, под ним мелко-среднезернистого песка, ниже средне-крупнозернистого песка и в нижней части — ленточных глин (наиболее низкоомные отложения). Кровля ленточных глин волнообразная, что может указывать на наличие протяженных ложбин СВ простирания (ортогонально профилю), компенсированных высокоомными песчаными отложениями, при этом в самой крупной ложбине и расположено озеро Рыбье. Бурением на акватории оз. Рыбьего был вскрыт маломощный слой торфа, который также виден на георадарном разрезе на той же глубине. На всех профилях у берегов наблюдаются выклинивающиеся слои с границами, отличающимися высокой интенсивностью на радарограмме - клинформы, связанные с латеральным замещением терригенного материала, снесенного с берегов, илами.

По георадиолокационным разрезам видно, что оз. Рыбье отличается пологими берегами, постоянной глубиной (до 5 м) и ровным дном. Пологое залегание подиловой поверхности, блюдцеобразная котловина и приуроченность озера Рыбьего к системе озер, расположенных в ложбине, вытянутой параллельно берегу р. Свирь, позволяет предполагать, что котловина озера является реликтом одного из русел флювиогляциального потока, связанного с прорывом вод ОПО и образованием р. Свирь.

Отличным от оз. Рыбье строением обладают сходные между собой котловины озер Глухое и Цыганское. Для них характерны более крутые берега, чашеобразная форма котловин и глубины до 10 м. На озере Глухом в северной его части была заложена скважина, вскрывшая донные отложения сапропеля и торфянистого сапропеля с прослоями мелкозернистого песка. По георадиолокационным данным видно, что толща донных отложений имеет большую мощность, чем была пройдена бурением, отмечается неполнота разреза.

На радарограммах по оз. Глухому отчетливо выражены границы, напоминающие серию ступенчатых сбросов, фиксирующие, видимо, просадки при формировании озерной котловины. Аналогичные границы прослеживаются на оз. Цыганском. Судя по указанным особенностям строения, котловины озер Цыганское и Глухое имеют гляцикарстовое происхождение, и, вероятно, аллередский возраст.

Нельзя не отметить, что на исследованных озерах георадиолокация дала различную глубинность — на Глухом и Цыганском - до 25 м, тогда как на Рыбьем — около 10 м. Это можно объяснить разной степенью песчанистости осадков: на Рыбьем содержание песка минимально. Также отмечаются изменения содержания органического вещества в осадках. На Рыбьем изменения незначительны, тогда как на Глухом и Цыганском содержание органики сильно зависит от глубины, что тоже может влиять на глубинность исследований.

Работа выполнена в рамках исследовательской практики по четвертичной геологии Института наук о Земле СПбГУ с использованием УНБ «Свирь».

Список литературы:

1. *Демидов И. Н.* Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005 г. С. 134–142

2. *Демидов И. Н.* О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледнековье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006 г. С. 171–178.

3. *Марков К. К.* Послеледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопросы географии. Выпуск 12. 1949. С 213–220.

4. *Шитов М. В*. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера. Автореф. канд. дисс. СПб, 2007. 16 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ ТОЛЩЕ МЕТОДОМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

Родионов А. И. (ИГ КарНЦ РАН, fabian4695@gmail.com)
Научные руководители – д.г-м.н. Шаров Н. В. (ИГ КарНЦ РАН),
к.г.-м.н. Рязанцев П. А. (ИГ КарНЦ РАН)

Метод георадиолокации является современным методом малоглубинной геофизики. Георадиолокационные данные позволяют решать широкий спектр задач при различных геологических, археологических и инженерных изысканиях [3]. Принцип работы метода основан на излучении коротких электромагнитных импульсов, с последующей регистрацией отраженной волны от контрастных по электрическим свойствам объектов [1]. Из-за влияния неоднородностей геологической среды на распространение электромагнитного сигнала целесообразно выполнять математическое и физическое моделирование для выявления оптимальных параметров обработки регистрируемых данных. Так, например, в статье [5] докладываются результаты эксперимента, связанного с моделированием толщи, сложенной из не перемешанных между собой валунов и песка. Перспективным является направление по изучению влияния формы и размера зерен слагающих толщу дисперсных грунтов на распространение электромагнитных волн в среде [4,7].

Основными средствами исследования месторождений песка и ПГС являются шнековое бурение и шурфовое опробование толщи. При сравнительно высоких трудозатратах, информации, полученной с использованием данных методов, бывает недостаточно для детального описания месторождения. Этот факт является поводом для внедрения новых методов, таких как георадиолокация, эффективность которой при решение таких задач доказана [2,6]. Ввиду неоднородного строения несортированного каменно-валунного и галечного материала, данные получаемые после обработки могут быть проинтерпретированы неоднозначно. Исследование, описанное ниже, ставило перед собой цель определить, позволяет ли метод георадиолокации получать информацию о процентном содержание элементов горных пород и гравия в толще песка.

Измерительной ячейкой, использованной в эксперименте, являлся пластиковый бак, габаритами 1300x500x400 мм. Он был наполнен песком средне-мелкозернистой фракции (ГОСТ 8736-93), кварц-плагиоклазового состава, мощность песка составляла 300 мм. В центральной части бака было сделано углубление размером 500x500x300 мм. После чего в углубление проводилась закладка валунов, преимущественно гранитных (минеральный состав близкий к вмещающей песчаной толще). В результате было получено две модели. Модель №1 с размером валунов от 0,08м до 0,1м и модель №2 с валунами размером от 0,03м до 0,05м. Каменный материал укладывался упорядочено, в несколько слоев (между слоями находился песок определенной мощности) через фиксированное расстояние (от 5 до 10 см). Измерения осуществлялись георадаром ОКО 2, оснащенным антенным блоком АБ 1700, центральной частотой излучающей антенны 1700 МГц, и разрешением 0,03 м. Данные регистрировались и обрабатывались в программном обеспечение GeoScan 32. Наряду с этим, при помощи электроразведочного генератора SGD-EGC "SKAT" и измерителя SGD-EET "MEDUSA", производились измерения кажущегося удельного электрического сопротивления (КУЭС). Так же, с помощью влагомера были составлены профили влажности, пересекающие всю модель.

На рисунке 1А, изображена радарограмма, полученная в результате измерения модели, с расстоянием между валунами 0,1м. Для толщи была установлена диэлектрическая

проницаемость, составившая 7,1 единиц СИ. Граница 1 – локализует основание бака, линии 2 отображают пространственное расположение закладки (Пк40-90). Область 3, выделяет зону наибольшей концентрации валунов (2 слоя), в районе 65 и 85 пикетов. Наблюдаются локальные нарушения осей синфазности соотносимые с точечным расположением гравия. На радарограмме зафиксировано отсутствие гипербол, наличие которых указывает на образование дифрагированной волны. Данный факт обусловлен схожим минералогическим составом гравия и вмещающей породы (песка), что приводит к близким значениям диэлектрической проницаемости. Так же одним из условий образование дифракции являются меньшие или равные размеры дифрагирующих объектов с длиной волны испускаемой антенной георадара [1]. Для антенны 1700 МГц при данных условиях среды длина волны составила 0,06м. Этот факт так же может служить причиной отсутствия дифракции.

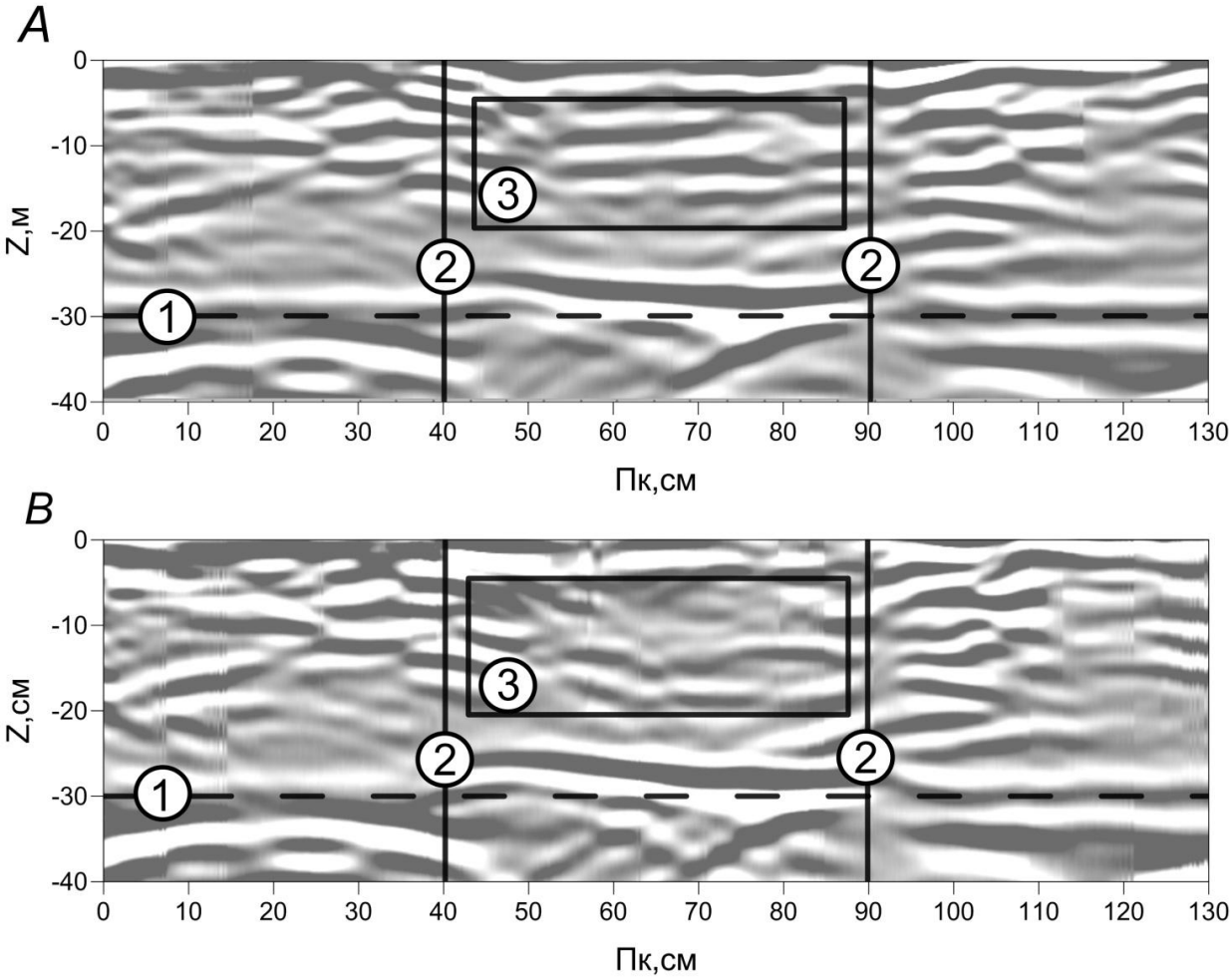


Рис. 1. Радарограммы полученные в результате физического моделирования
А. Радарограмма модели №2, с расстоянием между валунами 10 см;
В. Радарограмма модель №1, с расстоянием между валунами 5 см;
1 – Нижняя граница бака; 2 – Границы области заложения гравия;
3 – Область наибольшей концентрации гравийной материала.

На рисунке 1В, демонстрируется радарограмма по модели №2. Физические параметры, которые повторяют данные модели №1, а именно КУЭС 1950 Ом·м, влажность толщи около 25 %, с локальными максимумами в районе концентрации гравия, значение диэлектрической проницаемости 7,1 единиц СИ. Область заложения гравия модели номер два характеризуется

хорошо различимыми нарушениями осей синфазности. Кроме того, отмечается смена характера волнового поля в сторону хаотичного. Здесь же зафиксировано повышенное затухание ЭМ волны. В ходе интерпретации этого явления оно было связано с увеличением концентрации гравийной составляющей в области закладки, в сравнение с моделью №1. Условия возникновения дифрагированной волны были соблюдены (линейные размеров валунов меньше длины волны), однако в области закладки гравия гиперболы отсутствуют, как и в первом варианте модели.

По схожей схеме был проведен натурный эксперимент с использованием гравия шунгитового состава. Шунгит (диэлектрическая проницаемость 14 единиц СИ) – вещество контрастное по электрическим свойствам с вмещающим его песком (диэлектрическая проницаемость 7,1 единиц СИ). Результаты моделирования отображены на рисунке 2. Линейный размер гравийного материала составлял от 0,08м до 0,13м, что больше длины волны в данной среде, однако на радарограмме наблюдаются четко различимые гиперболы в области закладки гравия, что говорит о возникновение дифракции из-за значительного контраста диэлектрической проницаемости локальных объектов и вмещающей среды.

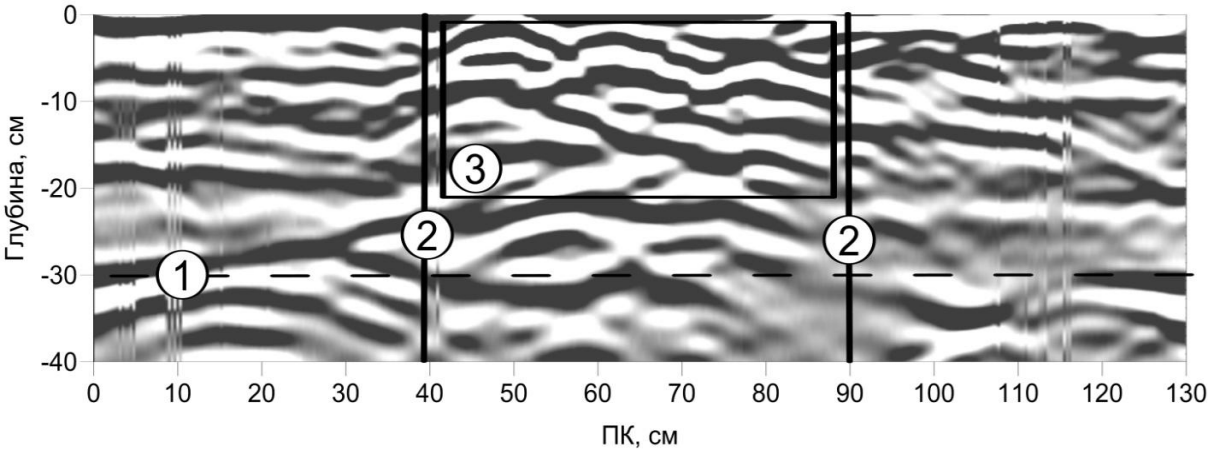


Рис. 2. Радарограммы полученные в результате физического моделирования с использованием шунгитового гравия. 1 – Нижняя граница бака; 2 – Границы области заложения гравия; 3 – Область наибольшей концентрации шунгито-гравийной материала.

В результате выполненного эксперимента установлено, что на основе данных георадиолокации возможно производить первичное выделения зон повышенной концентрации гравия. Даже при близком минеральном составе гравия и вмещающей толщи, а также отсутствии дифрагированных волн, на радарограммах имеются признаки указывающие на наличие валунов в изучаемом разрезе (срывы осей синфазности, затухание ЭМ волны). Было установлено возникновение явления дифракции над телами, чьи диэлектрические свойства отличаются от характеристик вмещающей толщи, даже в случае если размеры дифрагирующего объекта больше длины волны в среде. В практическом применение данный факт может быть использован при георадиолокационном изучение шунгито содержащих рыхлых пород, натерритории Заонежского полуострова в Республике Карелия.

В данный момент идет продолжение эксперимента, с использованием контрастных по электрическим свойствам горных пород и минералов.

Работы были выполнены при поддержке проекта РФФИ № 16-35-00114\16 “Геоэлектрическое моделирование многокомпонентных геологических систем”.

Список литературы:

1. *Владов М. Л., Старовойтов А. В*. Введение в георадиолокацию. Учебное пособие М.: Издательство МГУ, 2004. - 153 с.
2. *Глазунов В. В., Ефимова Н. Н.* Георадиолокационное зондирование при поисках и разведке месторождений песка // Разведка и охрана недр. 2001. № 3. С. 42-44.
3. *Daniels D. J*. Ground penetrating radar. Cornwall: MPG Books Limited. 2004. - 722 p.
4. *Guillemoteau J., Bano M., Dujardin J. R.* Influence of grain size, shape and compaction on georadar waves: example of an Aeolian dune // Geophysical Journal International. Oxford University Press. 2012. V.190. P. 1455–1463.
5. *Liu L., Li Z., Arcone S., Fu L., Huang Q*. Radar wave scattering loss in a densely packed discrete random medium: numerical modeling of a box-of-boulders experiment in the Mie regime // Journal of Applied Geophysics. 2013. V. 99. P. 68-75.
6. *Lucius J. E., Langer W. H., Ellefsen K. J.* An Introduction to using surface geophysics to characterize sand and gravel deposits. Reston: U.S. Geological Survey. 2006. - 51 p.
7. *Zanzi L., Arosio D.* Sensitivity and accuracy in rebar diameter measurements from dual-polarized GPR data // Construction and Building Materials. 2013. V. 48. P. 1293–1301.