

## Геохимические особенности измененных пород на месторождениях рудного поля Лобаш, Карелия

Кулешевич Л.В., Дмитриева А.В.

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, kuleshev@krc.karelia.ru; dmitrievaa-v@yandex.ru*

**Аннотация.** Молибденовое и золото-полиметаллическое месторождения рудного поля Лобаш приурочены к зеленокаменным толщам позднеархейского возраста, которые прорываются разновозрастными интрузиями габброидов, дайками дацитов-риодацитов и двухфазной гранодиорит-гранит-порфировой интрузией. На молибденовом месторождении Лобаш в ореоле не выходящей на поверхность гранит-порфировой интрузии формируются эпидозиты по габбро; пропилиты – по базальтам, андезитам; кварцевание и альбитизация развиваются по кислым породам (дайкам); биотитизация – по всем типам вмещающих оруденение пород. В минеральном и химическом составе ведущих типов метасоматитов (пропилитов и биотититов) наблюдаются контрастные изменения по CaO, K<sub>2</sub>O, редким щелочам и рудогенным элементам, сопровождающие метасоматические изменения вмещающих пород. В работе рассматриваются петро- и геохимические особенности разных типов вмещающих пород и их изменения, сопровождающие становление флюидно-рудно-магматической системы Лобаш.

**Ключевые слова:** метасоматиты, геохимия, рудное поле Лобаш, Карелия.

## Geochemical characteristics of altered rocks at Lobash Ore Field deposits, Karelia

Kuleshevich L.V., Dmitrieva A.V.

*Institute of Geology, KarRC, RAS, Petrozavodsk, kuleshev@krc.karelia.ru; dmitrievaa-v@yandex.ru*

**Abstract.** The molybdenum and gold-base-metal deposits of the Lobash Ore Field are confined to Late Archean greenstone sequences cut by gabbroic rock intrusions, dacite-rhyodacite dikes and two-phase granodiorite-granite-porphyry intrusion of various ages. Forming at the Lobash molybdenum deposit in the aureole of subsurface granite-porphyry intrusion are epidotes after gabbro such as propylites after basalts and andesites; silicification and albitization evolve after felsic rocks (dikes); biotitization occurs in all types of mineralization-hosting rocks. The mineral and chemical composition of major types of metasomatic rocks (propylites and biotites) display contrasting alterations after CaO, K<sub>2</sub>O, rare alkalies and ore-bearing elements that accompany the metasomatic alterations of host rocks. The petro- and geochemical characteristics of various types of host rocks and their alterations that accompany the formation of the Lobash fluid-ore-magmatic system are discussed.

**Key words:** metasomatic rocks, geochemistry, Lobash Ore Field, Karelia.

### Введение

Месторождение Лобаш – наиболее значительный молибденовый жильно-штокверковый рудный объект в позднеархейских зеленокаменных поясах Карелии, обладающий значительными ресурсами и запасами; Лобаш-1 – небольшое золото-полиметаллическое рудопроявление – (Минерально..., 2005; Покалов, Семенова, 1993; Тытык, Фролов, 2014). Формирование Au-Cu-Mo-порфирового оруденения связывается с внедрением двухфазной гранитной интрузии. Отложение молибденового оруденения происходит в эндо- и преимущественно экзоконтактной зоне второй фазы массива Лобаш и сопровождается интенсивными изменениями пород. Целью данной работы было показать петро- и геохимические особенности формирующейся флюидо-магматической системы – метасоматические изменения вмещающих толщ на разных стадиях процесса.

### Фактический материал и методы

Состав вмещающих и интрузивных пород и их метасоматические изменения, сопровождающие внедрение гранитоидов и формирование оруденения, изучались по образцам, отобранным из скважин и обнажений рудного поля Лобаш. Характер изменений пород определялся в процессе полевого наблюдения при отборе образцов и оптическим методом при просмотре большого количе-

ства шлифов. Состав пород анализировался традиционным химическим методом силикатного анализа, дополнительно определялись некоторые отдельные компоненты. Микрокомпонентный состав неизменных пород и метасоматитов определялись с использованием ICP-MS-анализа (на квадрупольном масс-спектрометре XSeries 2 ICP-MS, Thermo Scientific, США) в аналитическом центре ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск) по существующей методике прибора.

### **Результаты исследований: геологическое строение и типы рудной минерализации**

Геологическое строение рудного поля Лобаш освещено в ряде отчетов по проводимым здесь поисково-оценочным работам на молибден, медь и благородные металлы (С.Н. Юдина, Г.Н. Пироженко, В.М. Тытыка за 1985-1998 года), а также в статьях (Кулешевич, 2000; Иваников, 1995; Тытык, Фролов, 2014). Вмещающие вулканогенно-осадочные толщи представлены метабазами, андезитами и сланцами по туфам среднего и кислого состава, относимые к пезозерской серии (с возрастом  $2801.6 \pm 3.6$  млн. лет). Они прорываются интрузивными телами габброидов, дайками риодацитов и двухфазным гранитоидным массивом. Массив представлен гранодиоритами 1-й фазы и порфиroidными гранитами и лейкогранитами 2-й фазы, имеющими U-Pb возраст 2720-2715 млн. лет (Богачев и др., 2009; 2013). Не выходящие на поверхность граниты 2-й фазы относятся к рудопродуцирующим: Лобашская интрузия подсечена бурением на глубине 100-150 м и прослежена на 2.5 км. С гранитами связана молибденовая рудная минерализация, возраст которой по данным Re/Os-датирования молибденита близок становлению гранитов и равен  $\sim 2715$ -2722 млн. лет (Богачев и др., 2013).

Рудный штокверк *молибденового месторождения Лобаш* находится в апикальной части интрузии. Он приурочен к кровле погруженного массива, конформен ей, имеет ССВ простирание и прослеживается от южной до центральной части рудного поля (Тытык, Фролов, 2014). Молибденовое оруденение представлено: 1 – богатой гнездово-вкрапленной минерализацией в кварцевой жиле, в гранитах; и 2 – вкрапленно-прожилковой в эпидотизированных и биотитизированных вмещающих толщах и секущих их габброидах. *Золото-полиметаллическая минерализация месторождения Лобаш-1* установлена несколько севернее молибденового месторождения, она приурочена к зонам расщеливания и биотитизации на контактах даек кварц-плагиопорфиров (дацитов-риодацитов) и во вмещающих толщах – туфах среднего состава и измененных габброидах (Кулешевич и др., 2004; Тытык, Фролов 2014).

### **Состав вмещающих пород и секущих их гранитоидов**

Вмещающие толщи в южной части рудного поля (на Лобаше молибденовом) представлены туфами андезитов, базальтами и прорывающими их габброидами. Вмещающие толщи и тело габброидов секутся дайками дацитов-риодацитов. В северной части (на золото-полиметаллическом месторождении Лобаш-1) вмещающие толщи представлены средними и кислыми толщами – андезитами и их туфами (агломератовыми и слоистыми), риодацитами. Они также прорываются габброидами и дайками кислого состава. Внедрившиеся гранитоиды представлены массивом, дифференцированным от гранодиоритов до гранит-порфиров и лейкократовых гранитов. Химические составы вмещающих пород и гранитов представлены в таблице 1 и обобщенно вынесены на рисунок 1.

Вмещающие толщи и габбро секутся массивом гранодиоритов 1 фазы (обнажаются на восточном берегу озера). Биотитовые гранодиориты – серые средне- и крупнозернистые породы, содержат ксенолиты всещающих андезитов и базальтов. Гранодиориты состоят из плагиоклаза (60 %), кварца (20-25 %), микроклина (5-10 %), биотита (5 %), содержат амфибол (2 %), эпидот (1 %) и аксессуарные - сфен, апатит, циркон, реже ортит. Гранодиориты содержат  $\text{SiO}_2$  – 66.81 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14.77 %, относятся к известково-щелочным, имеют К-Na щелочность, сумму щелочей 7.0 % и повышенную глиноземистость.

Граниты 2 фазы образуют небольшое тело в краевой части массива, вскрытое на глубине. Это розовато-серые неравномерно зернистые породы, содержащие плагиоклаз (30-50 %), микроклин (20-40 %), кварц (25-30 %), биотит (1-5 %), мусковит (1 %), реже эпидот, хлорит, аксессуарные ортит, сфен, апатит, циркон. В краевой части породы имеют порфиroidный облик. Содержание  $\text{SiO}_2$  в гранитах составляет 74.29 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 12.86 %,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 3.70 %,  $\text{K}_2\text{O}$  – 4.72 %, сумма щелочей – 8.42 %.

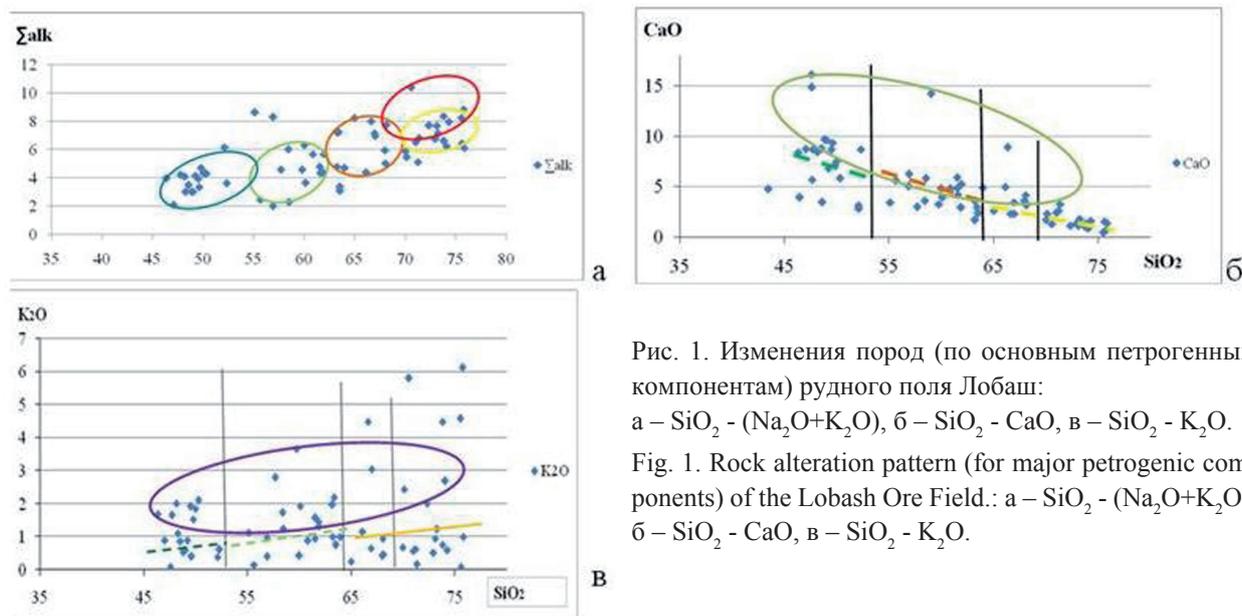


Рис. 1. Изменения пород (по основным петрогенным компонентам) рудного поля Лобаш:  
а –  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , б –  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$ , в –  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ .

Fig. 1. Rock alteration pattern (for major petrogenic components) of the Lobash Ore Field.: а –  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , б –  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$ , в –  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ .

Лейкограниты представляют собой мелкозернистые светло-розовые граниты, развитые в прикровельной части и апофизах, секущих вмещающие толщи и гранодиориты. В них количество микроклина достигает 40-60 %, альбита 30-40 %, кварца 20 %, мусковита 5-7 %, биотита 1-2 %. Среднее содержание  $\text{SiO}_2$  в них 69.54 %,  $\text{K}_2\text{O}$  – 7.65 %,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 3.96 %, сумма щелочей – 11.61 %,  $\text{Rb}_2\text{O}$  – до 0.046 %, относятся к субщелочным, но скорее изменены под влиянием флюидов.

В эндоконтактной зоне непосредственно Лобашской интрузии (до 10 м от контакта) граниты представлены плагиогранит-порфирами. На глубину (20-80 м от кровли) они постепенно сменяются гранит-порфирами сначала с мелкозернистой затем – со средне-крупнозернистой основной массой и вкрапленниками калиевого полевого шпата, затем постепенно переходят в порфириновые граниты (с вкрапленниками микроклина в количестве до 25 %) – наиболее типичные представители пород массива. Основная масса гранитов состоит из олигоклаза, микроклина и кварца примерно в равных соотношениях. Темноцветные минералы представлены биотитом (3-5 %); вторичные минералы: мусковит (3-5 %, до 20 % в зонах изменения), альбит, хлорит, эпидот, карбонат, флюорит. Акцессорные минералы – апатит, титанит, циркон, реже алланит.

Гранитоиды-1 относятся к пер- и метаалюминевым породам и на петрохимических диаграммах обособляются в области синколлизонных пород. Граниты-2 и лейкограниты попадают в область анорогенных пород. Они содержат кварцевые жилы и рудную молибденитовую рудную минерализацию (молибденит, пирит, халькопирит).

### **Гидротермально-метасоматические изменения пород**

Постмагматические гидротермально-метасоматические процессы в ореоле гранитного массива интенсивно изменили весь комплекс вмещающих пород. Максимальные изменения вмещающих толщ проявлены над апикальной областью, не выходящей на поверхность интрузии. Грейзенизация и окварцевание наиболее характерны для изменений в апикальной части гранитов как 1-й так и 2-й фаз, эпидотизация и биотитизация развиты во вмещающих толщах, где наиболее широко распространены породы андезитового состава и габбро. Химический состав наиболее типичных метасоматитов в сравнении с составами первичных пород приведен в (табл. 1).

Гранодиориты-1 в эндоконтактной зоне березитизированы, в них появляются серицит, кварц-2, карбонат, пирит. Для изменений в апикальной части гранитов 2-й фазы наиболее характерны грейзенизация и окварцевание. Грейзенизированные гранит-порфиры представлены кварцем, мусковитом (иногда до 20 %). В них встречаются альбит, хлорит, эпидот, карбонат, флюорит, пирит, молибденит. Измененные граниты секутся крупными кварцевыми жилами с молибденитом и пиритом.

Таблица 1. Состав метасоматически измененных пород в сравнении с неизменными рудного поля Лобаш (мас. %).  
 Table 1. Composition of metasomatized rocks from the Lobash Ore Field, mas. %.

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO <sub>2</sub>	67.01	66.81	74.29	69.54	49.51	47.58	47.6	47.64	43.45	61.5	53.77	49.04	58.45	61.57	60.06	59.02	57.67	59.76	67.53	66.34	71.71	74.27
TiO <sub>2</sub>	0.72	0.32	0.09	0.09	0.93	1.7	0.5	1.73	0.76	1.29	0.76	0.74	0.41	0.6	0.65	0.44	0.72	0.83	0.43	0.48	0.18	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.97	14.77	12.86	15.23	15.43	14.65	14.93	12.27	14.15	10.98	15.56	14.89	17.55	15.99	15.73	13.86	16.5	18.33	16.99	11.47	15.19	14.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.86	1.97	0.4	0.41	4.03	7.43	3.11	4.13	6.09	6.23	1.79	4.36	1.89	1.04	1.27	7.78	1.71	1.48	0.32	5.83	0.57	0.52
FeO	4.3	2.3	1.69	1.02	7.17	5.17	5.75	14.1	11.78	3.37	7.58	9.89	3.16	4.88	5.53	1.73	7.29	4.6	1.33	3.3	1.63	1.21
MnO	0.07	0.08	0.04	0.02	0.21	0.276	0.236	0.244	0.15	0.146	0.14	0.1	0.11	0.08	0.12	0.138	0.08	0.058	0.04	0.132	0.03	0.02
MgO	2.29	1.4	0.41	0.13	6.69	5.07	8.77	4.01	8.48	3.33	6.73	8.34	2.98	4.3	4.52	0.37	5.11	3.07	1.16	0.86	0.86	0.79
CaO	4.05	2.31	0.75	0.94	9.89	14.84	16.12	5.67	4.77	5.88	6.36	3.50	5.54	3.73	4.44	14.21	2.99	3.25	3.29	8.9	1.69	1.31
Na <sub>2</sub> O	4.03	3.73	3.7	3.96	2.57	0.36	0.22	0.9	1.1	2.38	2.23	0.34	6.9	3.9	3.86	0.62	1.8	0.93	6.9	0.43	5.69	5.6
K <sub>2</sub> O	0.89	3.26	4.72	7.65	0.89	0.09	0.1	4.7	3.4	0.47	0.67	4.56	0.41	1.01	1.86	0.03	2.79	3.66	0.56	0.29	1.26	1.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.09	0.03	0.02	0.12	0.08		0.18	0.05	0.112	0.2	0.17	0.2	0.18	0.22	0.13		0.14	0.04		0.08	0.06
ППП	2.63	2.78	0.80	0.80	2.43	2.38	2.3	4.14	4.92	4.0	3.67	3.67	2.18	2.53	1.53	1.47		3.49	1.39	1.47	0.90	0.78
Сумма	100.04	99.82	99.79	99.81	99.87	99.63	99.64	99.71	99.1	99.73	99.55	99.59	99.78	99.81	99.79	99.8	99.8	99.6	99.98	99.5	99.79	100.1
n	7	2	5	2	13	1	1	1	1	1	6	3	2	12	2	1	1	1	2	1	11	6
Li <sub>2</sub> O	0.0068	0.0106	0.0058	0.0005	0.0094	0.004		0.0332		0.0065	0.0108		0.0039	0.0111	0.0214				0.0095		0.0053	0.0053
Rb <sub>2</sub> O	0.0165	0.0261	0.0335	0.0458	0.0249	0.0006		0.0824		0.009	0.0056		0.005	0.0143	0.027				0.0082		0.009	0.0183
Cs <sub>2</sub> O	0.0006	0.0005	0.0004	0.0004	0.0006	0.0004		0.0067		0.005	0.0006		0.0003	0.0006	0.0013				0.0003		0.0005	0.0003
BaO	0.0175	0.059	0.0248	0.028									0.01	0.013	0.059				0.012			0.021
SrO	0.023	0.0245	0.019	0.017									0.0245	0.027	0.03				0.034			0.016
n	5	2	5	2	3	1	1	1	1	1	5	3	2	8	1	1	1	1	1	1	8	1
S					0.8				2.5	3.98		1.19										
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	4.92	6.99	8.42	11.61	3.46	0.45	0.32	5.6	4.5	2.85	2.9	4.90	7.31	4.91	5.72	0.65	4.59	4.59	7.46	0.72	6.95	6.72

Примечание: 1, 2 – гранодиориты, 3 – гранит-порфир, 4 – лейкогранит, 5 – габбро, 6-7 – эпидозиты по габбро, 8-9 – биотитизированное габбро, 10 – окварцованное габбро, 11 – метабазациты, 12 – биотититы, N – количество анализов. 13-15 – андезиты (13 – дайка, 14 – туфы, 15 – силл, биотитизирован), 16 – эпидозит по андезитам, 17-18 – биотитизированные андезиты, 19 – дациты (дайки), 20 – эпидотизированные дациты, 21 – риодацит и 22 – риолит (дайки и тело в СВ части рудного поля).

В метабазах, габбро, андезитах и вмещающих сланцах по туфам среднего состава сначала развивается *эпидотизация (пропилитизация)*, затем *биотитизация*. В габбро в экзоконтактной зоне интрузии наиболее широкое развитие получают *эпидотиты* и эпидот-кварцевые прожилки, сопровождаемые мелкочешуйчатым молибденитом, пиритом, халькопиритом, пирротинном, реже более поздними висмутотеллуридами. Интенсивная *биотитизация* отмечается по зонкам рассланцевания в андезитах и их туфах, а также на контактах даек дацитов-риодацитов. Биотитизация непосредственно фиксирует предрудный метасоматоз и позволяет выделять контур наиболее проработанных пород. Формирование почти мономинеральных биотититов по вмещающим породам среднего и основного состава сопоставляется с грейзенизацией кислых пород. Химический состав измененных пород вмещающих пород (табл. 1) по основным элементам представлен на рисунке 1.

### **Заключение**

Несмотря на ряд протерозойских датировок биотититов, определенных Rb-Sr-методом (Кулешевич, 2004), очевидно что Лобашское месторождение молибдена и гранитная интрузия представляют собой единую рудно-магматическую систему с возрастом 2722-2715 млн. лет (U-Pb, Re-Os-методы определения цирконов из пород и сульфидов). Формирование гранитов сопровождалось привнесением гранитофильных элементов (K, редких щелочей, Mo, Pb, Bi). Изменения вмещающих толщ на ранней стадии сопровождалось образованием пропилитов-эпидотитов, на поздней – интенсивной биотитизацией. В геохимическом ореоле (по основным петрогенным элементам) – сначала накоплением Ca и Al-компонентов, затем K и редких щелочей. Грейзенизация формировалась в апикальной части интрузии и вокруг крупной кварцевожильной зоны, а также в ореоле прожилков, слагающих штокверк и в зонах рассланцованных. В породах основного и среднего состава она проявлена как биотитизация. Биотитизация вмещающих толщ в пределах рудного поля является отчетливым поисковым признаком оруденения, связанного с гранитоидами.

### **Литература**

1. Богачёв В.А., Иваников В.В., Крымский Р.Ш., Иващенко В.И., Беляцкий Б.В., Гольцин Н.А., Сергеева Э.И., Сергеев С.А. Изохронный Re-Os возраст молибденитов раннедокембрийских порфировых месторождений Карелии // Вестник С.-Петерб. университета. Сер. 7. 2013. Вып. 2. С. 3–20.
2. Богачёв В.А., Иваников В.В., Сергеев С.А. U-Pb SHRIMP-датирование рудоносных гранитов Лобашского молибденового месторождения (Северо-Восточная Карелия) // Материалы Всероссийской конференции (Петрозаводск, 11–13 ноября 2009). 2009. С. 22–25.
3. Иваников В.В., Богачев В.А., Левченков О.А. Архейский U-Pb цирконовый возраст рудоносной гранитной интрузии на молибденовом месторождении Лобаш (Карелия) // Вестник С.-Петерб. университета. Сер. 7. 2000. Вып. 3. № 32. С. 60–64.
4. Покалов В.Т., Семенова Н.В. Лобаш – первое крупное молибденовое месторождение докембрийского возраста (Карелия) // Геология рудных месторождений. 1993. № 3. С. 262–270.
5. Кулешевич Л.В., Тытык В.М., Коротаева Н.Н. Минералогия руд и околорудно-измененных пород золото-полиметаллического месторождения Лобаш-1 (Карелия) // Записки РМО. 2004. № 4. С. 39–51.
6. Минерально-сырьевая база Р. Карелия. Петрозаводск. Изд-во: Карелия. 2005. 278 с.
7. Тытык В.М., Фролов П.В. Молибденовое месторождение Лобаш – крупный перспективный объект в Республике Карелия // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 1. С. 56–62.