

Гранитоиды Эльмусской структуры и связанная с ними рудная минерализация (Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс, Центральная Карелия)

Дмитриева А.В.

ИГ Кар НЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: dmitrievaa-v@yandex.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты исследования гранитоидов Эльмусской структуры и связанной с ними рудной минерализации (южная часть Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса).

Ключевые слова: Эльмусская структура, Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс, золоторудная минерализация.

Elmus structure granitoids and associated ore mineralization (Vedlozero-Segozero greenstone belt, Central Karelia)

Dmitrieva A.V.

IG KarRC RAS, Petrozavodsk, e-mail: dmitrievaa-v@yandex.ru

Abstract. The results of the study of the granitoids and associated ore mineralization of the Elmus Structure (southern Vedlozero-Segozero greenstone belt) are reported.

Keywords: Elmus structure, Vedlozero-Segozero greenstone belt, gold mineralization.

Введение

Изучение геологического строения и поисковые работы в пределах Эльмусской структуры проводились в разные периоды времени Карельской ГЭ, ГПП «Невскгеология», ООО «Индустрия», сотрудниками ИГ КарНЦ РАН. В настоящей статье приводится обобщение материалов по кислому интрузивному магматизму Эльмусской структуры, накопленных автором, а также полученных в ходе предшествующих исследований.

Геологическое строение

Эльмусская мезоархейская структура в низах геологического разрез представлена метабазиитами и комагмитами, которые перекрываются метаандезитами и вулканогенно-осадочными толщами среднего и кислого состава (2.9-2.86 млрд. лет), в верхней части установлены конгломераты и песчаники, сопоставляемые с осадочными образованиями «pull-apart» бассейнов, подобные таковым (2.7-2.68 млрд. лет) в Койкарской структуре (Светов и др., 2005). В СЗ части структуры в районе оз. Пунозеро развиты аркозы и полимиктовые граувакки с обломками полевых шпатов и темноцветных минералов (1-5 мм) и крупными обломками амфиболитов (до 20 см), аналогичных метапироксенитам Эльмусского массива. Метаморфизм вулканогенно-осадочных толщ не превышает уровня зеленосланцевой фации. Мезоархейские вулканы с угловым и стратиграфическим несогласием перекрываются палеопротерозойскими отложениями (PR₁sm-sr – PR₁jt).

В Эльмусской структуре установлены позднеархейские субмеридиональные и субширотные сдвиговые деформации, определившие заложение «pull-apart» бассейнов и направление расщепления в этих зонах (Кулешевич, Лавров, 2007; Светов и др., 2005). Интракратонные протерозойские синклинали контролируются разломами СЗ и С-СВ простирания. Постятулийские сдвиговые деформации имеют доминирующие СЗ и СВ направления.

Интрузивный магматизм

Мезоархейские вулканы Эльмусской структуры в северной части прорываются телами ультрабазитов (Столбовая гора) и габброидов (Гавшламная), в северо-восточной – Орехозерским диорит-гранодиоритовым плутоном (ранний ТТГ-комплекс) и сопутствующими ему дайками.

В центральной части структуры расположен плагиогранит-порфировый массив Талпус с возрастом 2861 ± 11 млн. лет (Иванов, Лохов, 2015). Северо-восточнее оз. Пальезеро находится Карташовский pluton порфировидных гранитов, имеющий близкий возраст – 2810 ± 60 млн. лет (Лобач-Жученко, Левченков, 1985).

В западном обрамлении развиты небольшие тела плагио-микроклиновых гранитов и мигматит-граниты.

Дайковый комплекс включает малые тела плагиопорфиров и гранит-порфиров.

Неоархейский умереннощелочной магматизм представлен дифференцированным Эльмусским массивом (2741 ± 7 млн. л., Vibikova et al., 2005) в ЮЗ борту структуры.

Орехозерский диорит-гранодиоритовый массив представляет собой часть более крупного гранитоидного блока в восточном борту структуры.

Талпусский плагиогранит-порфировый pluton образует небольшое субвулканическое тело, возможно, является апофизом более крупного интрузива – Карташовского массива. На участке Талпус-гранитный в рассланцованных породах штокверковая зона представлена системой кварцевых жил ($290-295^\circ$; $310-320^\circ$; $45-50^\circ$, реже 30°) с пирит-галенит-арсенопиритовой минерализацией.

Эльмусский дифференцированный умереннощелочной массив сложен преимущественно монцодиоритами и кварцевыми монцодиоритами (II-фаза). Порфировидные кварцевые монцодиориты центральной части plutona содержат зональный полевой шпат, в краевой зоне они сменяются монцодиоритами. В СЗ эндоконтакте массива развиты метапироксениты I-фазы. В интрузиве выделяются зоны рассланцевания (аз. пр. 315° ; 340°) и трещины, выполненные эпидотовыми прожилками (70°).

Петро-геохимическая характеристика пород

Гранодиориты *Орехозерского* plutona содержат $68.67\% \text{ SiO}_2$, $\Sigma \text{alk } 6.76\%$, $\text{Na} > \text{K}$ (рис. 1). Породы обладают низкой магнезиальностью ($\# \text{mg} = 0.47$) и невысокими концентрациями Sr и Ba – 265 и 562 ppm, соответственно. Сопровождающие Орехозерский массив дайки плагиопорфиров содержат больше SiO_2 75.2% и меньше $\Sigma \text{alk } 5.99\%$ ($\text{Na} > \text{K}$). Для пород характерны более низкая магнезиальность ($\# \text{mg} = 0.42$), а также количество Ba (327-335 ppm) и Sr (72-75 ppm). В плагиопорфирах

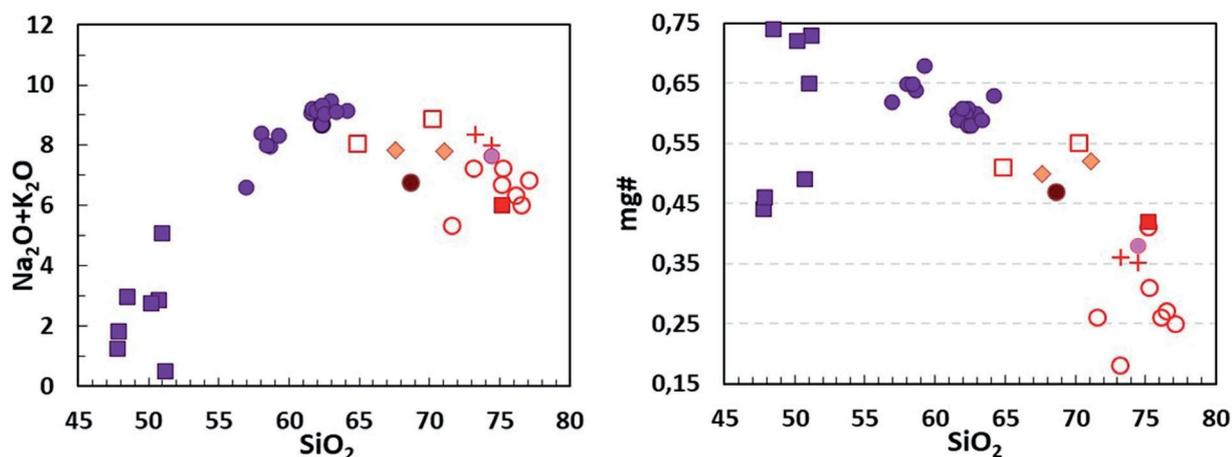


Рис. 1. Петрохимические диаграммы для гранитоидов Эльмусской структуры.

1 – гранодиориты Орехозерского массива; 2 – плагиогранит-порфиры массива Талпус; 3 – плагио-микроклиновые граниты западной части структуры; 4 – пироксениты и 5 – монцодиориты, кварцевые монцодиориты Эльмусского массива; 6 – мигматит-граниты (район оз. Пунозеро). Дайки: 7 – плагиопорфиры (район оз. Орехозеро); 8 – гранит-порфиры; 9 – плагиопорфиры (район оз. Педролампи).

Fig. 1 Petrochemical diagrams for Elmus structure granitoids.

1 – granodiorites, Orekhzero massif; 2 – plagiogranite-porphiry, Talus massif; 3 – plagio-microcline granites, western part of the study area; 4 – pyroxenites and 5 – monzodiorites and quartz monzodiorites, Elmus massif; 6 – migmatite-granites (Pynozero Lake area). Dikes: 7 – plagioporphiry, (Orekhzero Lake area); 8 – granite-porphiry; 9 – plagioporphiry, (Pedrolampi Lake area).

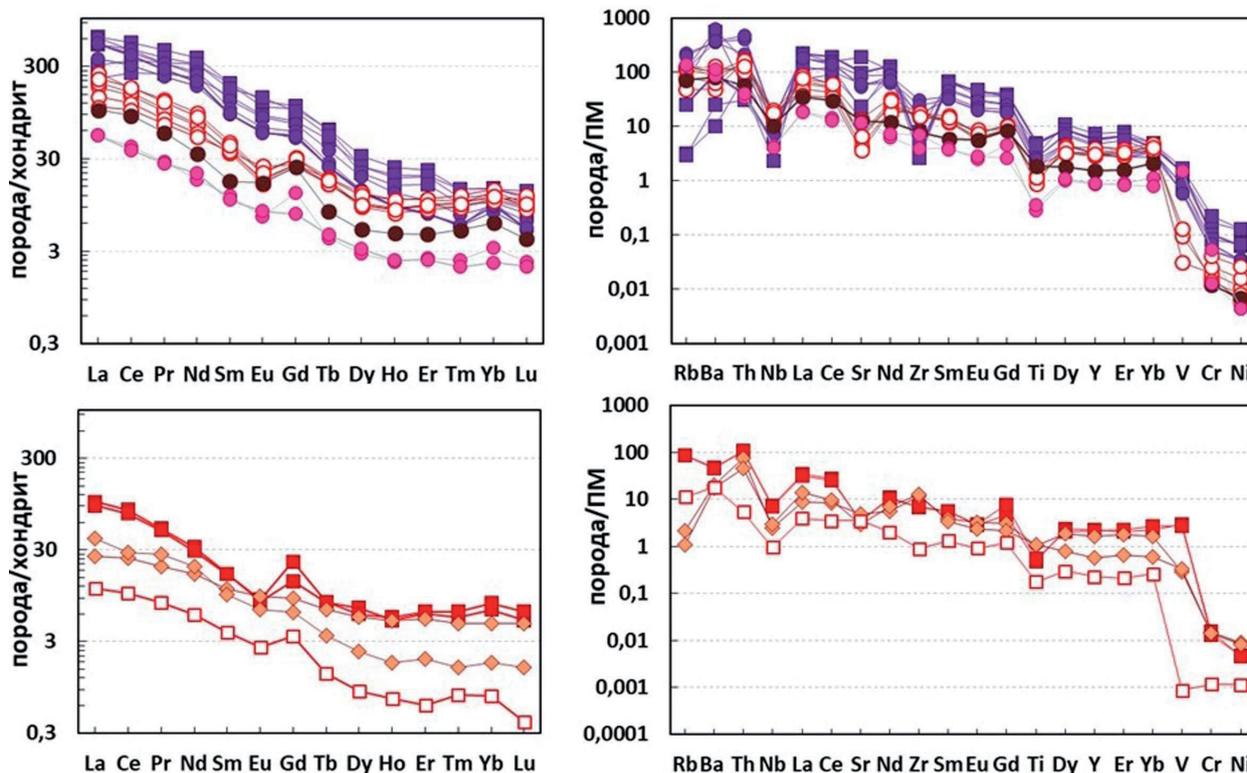


Рис. 2. Распределение редкоземельных и редких элементов в гранитоидах Эльмусской структуры, нормированные на хондрит и примитивную мантию, соответственно, по (Sun, MacDonough, 1989): условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 2. Chondrite- and primitive-mantle-normalized rare-earth and trace element distribution, respectively, in Elmus Structure granitoids. After (Sun, MacDonough, 1989): for the symbols, see Fig. 1.

отмечаются повышенные содержания As – 235-325 ppm, в то время как в гранодиоритах его концентрация очень низкая (2.2 ppm).

Плагиогранит-порфиры массива Талнус содержат 73.16-77.12 % SiO₂, Σalk 5.33-7.24 % (Na >> K) и характеризуются низкой #mg=0.18-0.41. Породы имеют фракционированный спектр распределения REE (ΣREE=190-250 ppm, La_N/Yb_N=16-23), умеренно обеднены HREE. На мультиэлементных диаграммах отмечается наличие отрицательных аномалий Eu, Nb, Sr и Ti (рис. 2). По геохимическим характеристикам гранит-порфиры соответствуют ТТГ низкого давления (<10 кбар), формирующимся в равновесии с безгранатовым амфиболовым реститом (роговая обманка + плагиоклаз). Реститовый плагиоклаз концентрирует Eu и Sr, что приводит к обеднению ТТГ-магм низкого давления данными компонентами (Моуэн, 2011)

Плагио-микроклиновые граниты, расположенные в западном борту структуры, содержат 74.4 % SiO₂, Σalk 7.67 % (Na > K). Породы имеют аналогичные гранодиоритам Орехозерского массива спектры распределения редкоземельных и редких элементов, отличающиеся более низкими абсолютными значениями (рис. 2).

Мигматит-граниты района оз. Пунозеро содержат 73.3-74.5 % SiO₂ и Σalk 7.96-8.32 %, имеют переменный состав большинства редких и редкоземельных элементов, а также повышенные концентрации As – 50-307 ppm.

Дайки тонкозернистых плагиопорфиров в районе оз. Педролампи содержат SiO₂ 67.6-71.1 %, Σalk 7.8 %, имеют существенно натриевую щелочность, повышенную #mg=0.5-0.52 и переменный состав HREE (рис. 2). Дайки гранит-порфиров южнее Орехозерского массива и в устье р. Педро характеризуются повышенной суммой щелочей 8.04-8.87 % (Na > K) и #mg=0.51-0.55 (MgO 1.06-2.3 %) при содержании SiO₂ 64.85-70.25 %, а также низкими значениями ΣREE и большинства редких элементов (рис. 2).

Породы *Эльмусского умереннощелочного массива* имеют высокую магнезиальность, сумма щелочей и количество P_2O_5 при широком диапазоне содержаний SiO_2 (рис. 1; Дмитриева, 2015, 2017). По составу они отвечают санукитоидной геохимической серии. В пироксенитах содержание SiO_2 47.82-51.16 %, Σalk 0.5-2.87 %, в интенсивно калишпатизированных разностях возрастает – до 5.09 %, $\#mg=0.44-0.76$. Отношение Na_2O/K_2O изменяется в диапазоне 1.86-4.66. Содержание TiO_2 достигает 1.04 %, P_2O_5 0.7 % и обусловлено присутствием титанита, апатита и темноцветных минералов. Пироксениты характеризуются высокими содержаниями REE – 400-1300 ppm и резко фракционированным спектром их распределения ($La_N/Yb_N=51-52$). Содержание Cr составляет 250-655, Ni 130-250 ppm. Концентрация Ba – 170-620, Sr – 490-2040 ppm, в измененных разностях (с калишпатом и биотитом) увеличивается до 3800 и 4030 ppm, соответственно. Монцодиориты имеют высокую магнезиальность ($\#mg=0.64-0.68$) при содержании SiO_2 58.0-59.2 % и Σalk 7.96-8.4 % ($Na_2O/K_2O=0.86-1.64$). В породах ΣREE 416-584 ppm ($La_N/Yb_N=46-56$). Концентрация Cr ~200 и Ni ~70 ppm. Одновременно наблюдается обогащение несовместимыми элементами – Ba и Sr, 2500-4290 и 1280-1835 ppm, соответственно. Кварцевые монцодиориты отличаются более высоким содержанием SiO_2 61.52-64.14 % и Σalk 8.69-9.47 % ($Na_2O/K_2O=0.78-1.36$). Магнезиальность пород незначительно снижается до 0.60-0.63. Содержание ΣREE 526-608 ppm ($La_N/Yb_N=56-59$). Количество в породах Cr снижается до 151-153 ppm, Ni – в тех же пределах. Концентрации Ba и Sr высокие – 2474-2560 и 1104-1285 ppm, соответственно. В кварцевых монцодиоритах отмечается повышенное содержание Th до 40 ppm, который входит в состав торита.

С увеличением содержания в породах *Эльмусского массива* SiO_2 , снижается количество TiO_2 , FeO, Fe_2O_3 , MgO, CaO и P_2O_5 , возрастает сумма щелочей и концентрация Al_2O_3 , что отражает уменьшение количества темноцветных минералов и преобладание полевых шпатов в процессе кристаллизации расплава. Вариации составов пироксенитов связаны с их интенсивным преобразованием. Для пород массива характерно фракционированное распределение REE (рис. 2). С увеличением SiO_2 их содержание уменьшается. Пироксениты, монцодиориты и кварцевые монцодиориты обладают резко выраженными отрицательными аномалиями Nb, Zr и Ti. Наряду с высокой $mg\#$ (>0.6), высокими содержаниями Cr (150-655 ppm), Ni (65-250 ppm) и щелочей, для них характерна обогащенность Ba (до 4300 ppm) и Sr (до 4030 ppm). В монцодиоритах и кварцевых монцодиоритах II-фазы относительно пироксенитов увеличивается содержание Ba, Rb, Th, Zr, контролируемые полевыми шпатами, слюдами, торитом и цирконом.

Рудная минерализация *Эльмусского массива* в метапироксенитах I-фазы представлена бедной апатит-титанитовой вкрапленностью и медно-сульфидной (пирит-халькопиритовой) минерализацией. Содержание ΣREE в них достигает 1350 ppm. В монцодиоритах и кварцевых монцодиоритах II-фазы установлены высокие содержания Ba (до 3800 ppm), Sr (до 4300 ppm) и Th (до 40.4 ppm). Ba и Sr входят в состав K-полевых шпатов и более позднего барита. Th концентрируется в торите, REE – в алланите, Се-эпидоте, карбонатах бастнезит-паризитового ряда (Дмитриева, 2015, 2017).

Кварцевый штокверк в плагиогранит-порфирах *массива Талпус* сопровождается кварцсерицитовыми изменениями, во внешнем ореоле развиты эпидот, кальцит и хлорит. В штокверке относительно слабо измененных гранитов отмечается увеличение As, Pb, Zn, Cu, Sb и Ag. В зальбандах кварцевых жил выделяется галенит-арсенопиритовая минерализация, которая на удалении сменяется арсенопирит-сфалерит-халькопирит-пиритовой. Плагиогранит-порфиры массива Талпус имеют Au-S-As специализацию (Олейник и др., 2013; Кулешевич и др., 2015а-б).

Влияние гранитов во внешнем ореоле проявлено во вмещающих толщах и колчеданных рудах, расположенных восточнее массива (проявление *Талпус-колчеданный*). Во вмещающих андезит-дацитовых туфогенно-осадочных породах по зонам расланцевания формируются альбит-серицит-кварц-карбонат(кальцит-анкерит)-хлоритовые метасоматиты. Рудная минерализация представлена пиритом, вкрапленностью арсенопирита и пирротина, реже сульфидами полиметаллов, Cu-, Pb- и Ag-сульфосолями и золотом (Коваль, Полеховский, 2015; Кулешевич и др., 2015а; Кулешевич, 2016).

В дайках плагиопорфиров также отмечаются повышенные содержания As 235-325 ppm.

Работа выполняется по теме НИР № ГР АААА-А18-118020290084-7 ИГ КарНЦ РАН.

Литература

1. Дмитриева А.В. Геохимические особенности интрузивных пород Эльмусской структуры и их рудоносность // Матер. XXVI молодежной школы-конф., посвящ. пам. чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. Ф.П. Митрофанова. Петрозаводск. 2015. С. 89–92.
2. Дмитриева А.В. Металлогеническая специализация неоархейского умереннощелочного магматизма Центральной Карелии. Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. СПб. 2017. 20 с.
3. Иванов Д.В., Лохов К.И. Первые данные о U-Pb возрасте цирконов из гранитоидного массива Талпус (Эльмусская площадь, Ц. Карелия) // Матер. IV международ. науч.-практич. конф. молодых ученых и специалистов пам. акад. А.П. Карпинского. СПб. 2015. С. 431–435.
4. Кулешевич Л.В., Дмитриева А.В., Лавров О.Б., Иванов Д.В. Эльмусская зеленокаменная структура: эволюция интрузивного магматизма, изменения пород и благороднометалльная минерализация (Центральная Карелия) // Матер. XII Всерос. петрографического совещания. Петрозаводск. 2015а. С. 441–444.
5. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Дмитриева А.В. Золото-сульфоарсенидная минерализация проявления Талпус, Эльмусская площадь, Карелия // Труды XII Всерос. (с между. уч.) Ферсмановской науч. сессии, посв. 80-летию со дня рожд. акад. РАН Ф.П. Митрофанова. Апатиты. 2015б. С. 130–134.
6. Коваль А.В., Полеховский Ю.С. Условия локализации и минеральные парагенезисы золота рудопроявления Талпус, Центральная Карелия // Матер. IV международ. науч.-практич. конф. мол. уч. и специалистов пам. акад. А.П. Карпинского. СПб. 2015. С. 107–110.
7. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б. Месторождение Педролампи и золоторудные проявления Эльмусской площади // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2007. № 10. С. 140–158.
8. Кулешевич Л.В. Золото-сульфоарсенидная минерализация Эльмусской площади (Карелия) // Материалы международ. Федоровской науч. сессии. СПб. 2016. С. 143–145.
9. Лобач-Жученко С.Б., Левченков О.А. Новые данные по геохронологии Карелии // Изотопные методы и проблемы геологии докембрия Карелии. Петрозаводск. 1985. С. 5–26.
10. Олейник И.Л., Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Иванов Д.В. Рудно-формационные типы и минеральные ассоциации золоторудных объектов Эльмусской площади // Материалы международ. конф. «Золото Фенноскандинавского щита». Петрозаводск. 2013. С. 141–145.
11. Светов С.А., Светова А.И., Назарова Т.Н., Антропова Е.А. Неоархейские пулл-апарт бассейны Центрально-Карельского террейна: породные последовательности и литогеохимическая характеристика // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2005. № 8. С. 5–17.
12. Bibikova E.V., Petrova A., Claesson S. The temporal evolution of the sanukitoids in the Karelian Craton, Baltic Shield: an ion microprobe U-Th-Pb isotopic study of zircons // Lithos. 2005. V. 79. P. 129–145.
13. Moyen J.-F. The composite Archaean grey gneisses: Petrological significance, and evidence for a nonunique tectonic setting for Archaean crustal growth // Lithos. 2011. V. 123. P. 21–36.
14. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Geological Society, London, Special Publications. 1989. № 42. P. 313–345.