

## Рудоносные кварц-полевошпатовые метасоматиты востока Алдано-Станового щита

Кириллов В.Е., Гурьянов В.А., Коновалова Н.С.

ИТиГ ДВО РАН, Хабаровск, kirillow.vadim2013@yandex.ru; guryanov@yandex.ru; turtle@mail.ru

**Аннотация.** В восточной части Алдано-Станового щита проявился рудоносный кварц-полевошпатовый метасоматоз, связанный с несколькими эпохами магматической и тектонической активизации. Архей-раннепротерозойская эпоха характеризуется палингенной гранитизацией и U, Th оруденением, наиболее продуктивная раннепротерозойская – аллохтонным щелочным гранитоидным магматизмом и редкоземельно-редкометалльными месторождениями. Рифейская эпоха связана с тектонической активизацией, с U и TR оруденением иттриевого профиля, мезозойская – с гранитоидным магматизмом гипабиссального уровня, с благороднометалльным (Au, Ag) и полиметаллическим оруденением.

**Ключевые слова:** Алдано-Становой щит, кварц-полевошпатовые метасоматиты, месторождение, рудопроявление, рудная формация, фация метасоматитов, минеральный тип, редкие земли и металлы, золото, серебро.

## Ore-bearing quartz-feldspar metasomatites of the eastern Aldan-Stanovoi Shield

Kirillov V.E., Guryanov V.A., Konvalova N.S.

ITiG FEB RAS, Khabarovsk, kirillow.vadim2013@yandex.ru; guryanov@yandex.ru; turtle@mail.ru

**Abstract.** There is evidence of ore-bearing quartz-feldspar metasomatism associated with several epochs of intensification of tectono-magmatic processes in the eastern Aldan-Stanovoi Shield. The Archaean-Early Proterozoic epoch is associated with palingene granitization and U, Th mineralization. The most productive Early Proterozoic epoch is associated with allochthonous alkaline granitoid magmatism and rare-earth – rare-metal deposits. The Rhiphaean epoch is associated with tectonic activation, with U and TR mineralization of the yttrium profile, the Mesozoic epoch – with granitoid magmatism of the hypabyssal level and noble-metal (Au, Ag) and polymetallic mineralization.

**Keywords:** Aldan-Stanovoi Shield, quartz-feldspar metasomatites, deposit, ore occurrence, ore assemblage, facies of metasomatites, mineral type, rare earths and rare metals, gold, silver.

### Введение

В восточной части Алдано-Станового щита (АСЩ) широко проявились процессы щелочного метасоматоза, выразившиеся в образовании существенно полевошпатовых и кварц-полевошпатовых метасоматитов с темноцветными минералами. Значительная их часть сопровождалась появлением рудной минерализации. Щелочные метасоматиты, образовавшиеся в архей-раннепротерозойское, раннепротерозойское, рифейское и мезозойское время заметно отличаются по ряду геологических, минералогических и геохимических особенностей. Из них лучше всего изучены специализированные на редкие земли и редкие металлы образования раннепротерозойского возраста в связи с их высокой рудоносностью. В большинстве случаев проявления полевошпатового метасоматоза связаны с гранитоидным магматизмом разного типа.

Целью работы является классификация и типизация полевошпатовых метасоматитов по условиям их генезиса, структурной локализации, минерального состава и геохимической специализации.

### Геологическое строение восточной части Алдано-Станового щита

Рассматриваемый район АСЩ (см. рис.) подразделяется на Восточно-Алданский блок (ВАБ) Алданской гранитогнейсовой области (ГГО) и Становую гранит-зеленокаменную область (СГЗО). Граница между ними проходит по региональному субширотному Становому разлому.

Восточно-Алданский блок на севере перекрыт платформенными отложениями и вулканитами Улканского эоплатформенного прогиба, в восточной части – меловыми вулканитами Охотско-Чукотского пояса. В его западной части несколько впадин выполнены угленосными осадочными породами юрского возраста.

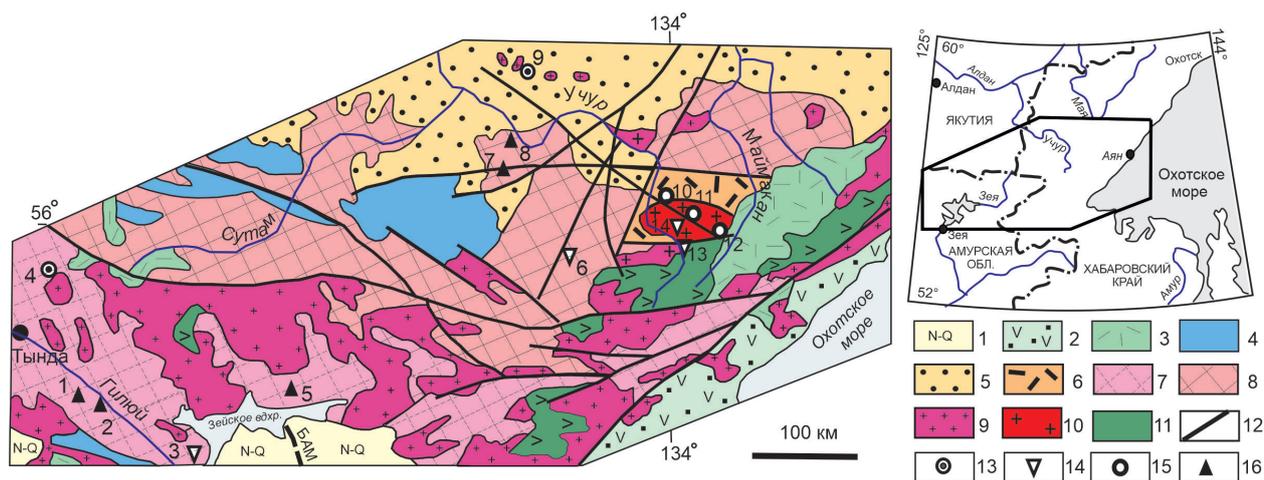


Рис. Геологическая карта АСЦ с участками проявления полевошпатового метасоматоза.

1 – неоген-четвертичные рыхлые образования; 2 – вулканические (преимущественно андезиты) и вулканогенно-осадочные породы  $J_3-K_1$ ; 3 – вулканические породы (андезиты, дациты)  $K_2$ ; осадочные породы (алевролиты, песчаники); 5 – отложения платформенного чехла (песчаники, карбонатсодержащие породы)  $R_1-C_1$ ; 6 – трахидациты, трахибазальты  $PR_1$ ; 7 – гнейсы, кристаллосланцы Становой ГГО АР; 8 – гнейсы, кристаллосланцы Алданской ГГО АР; 9 – гранитоиды  $J_3-K_1$  и  $K_2$ ; 10 – гранитоиды  $PR_1$ ; 11 – анортозиты АР; 12 – наиболее крупные разломы; 13–16 – участки проявления полевошпатового метасоматоза разного возраста и генезиса: 13 – связанные с гранитоидным магматизмом  $K_2$ , 14 – связанные с тектонической активизацией  $R_2$ , 15 – связанные с ТМА  $PR_1$ , 16 – связанные с гранитизацией АР- $PR_1$ . Для рудопоявлений и месторождений: 1 – Июньское, 2 – Кавли, 3 – Джигда, 4 – Могот, 5 – Сугджар, 6 – Тавитчак, 7 – Хайкан, 8 – Сынньяр, 9 – Догуйан, 10 – Бириндя, 11 – Бугундя, 12 – Улкан, 13 – Тангукта, 14 – Боковое.

Fig. Schematic geological map of the ASS and areas of feldspar metasomatism.

1 – Neogene-Quaternary unconsolidated sediments; 2 – volcanic (mainly andesites) and volcanic-sedimentary rocks  $J_3-K_1$ ; 3 – volcanic rocks (andesites, dacites)  $K_2$ ; sedimentary rocks (siltstones, sandstones); 5 – platform cover (sandstones, carbonate-bearing rocks)  $R_1-C_1$ ; 6 – trachydacites, trachybasalts  $PR_1$ ; 7 – gneisses, crystalline schists of the Stanovoi granite-greenstone region АR; 8 – gneisses, crystalline schists of the Aldan granite-gneiss region АR; 9 – granitoids  $J_3-K_1$  and  $K_2$ ; 10 –  $PR_1$  granitoids; 11 – anorthosites АR; 12 – the largest faults; 13-16 – areas of manifestation of feldspar metasomatism of different age and genesis: 13 – associated with granitoid magmatism  $K_2$ , 14 – associated with tectonic activation  $R_2$ , 15 – associated with TMA  $PR_1$ , 16 – related to granitization АR- $PR_1$ . For ore occurrences and deposits: 1 – Iyun'skoye, 2 – Kavli, 3 – Dzhigda, 4 – Mogot, 5 – Sugdzhar, 6 – Tavitchak, 7 – Khaykan, 8 – Synn'yar, 9 – Doguyan, 10 – Birindya, 11 – Bugundya, 12 – Ulkan, 13 – Tangukta, 14 – Bokovoye.

Из интрузивных образований, анортозиты архейского возраста характерны преимущественно для восточной части района, гранитоиды  $J_3-K_1$  и  $K_2$ , связанные с тектоно-магматической активизацией (ТМА) – для СГЗО и восточного обрамления ВАБ.

### Типизация кварц-полевошпатовых метасоматитов и гидротермалитов

В таблице ниже приводится типизация кварц-полевошпатовых метасоматитов и гидротермалитов по их возрасту, минеральному составу и металлогенической специализации.

Наиболее древние из них пегматоиды с возрастом 3.4–3.2 млрд. лет, встречаются в восточной части Восточно-Алданского блока АСЦ, где связаны с автохтонными палингенными гранитами и мигматит-плутонами. Пегматоиды с  $TR_2O_3$  до 1.05 % характеризуются преимущественно ториевой, реже U-Th специализацией и образуют линзовидные и жилообразные тела в гранитизированных гнейсах и гнейсо-гранитах. Из-за ограниченности развития и незначительных масштабов проявлений, этот тип не представляет практического интереса.

Кварц-полевошпатовые метасоматиты с возрастом 2200–1700 млн. лет (карельская металлогеническая эпоха) значительно всего распространены в зонах гранитизации и диафореза в пределах СГЗО. Метасоматоз проявился по гранитоидам, пегматитам и гнейсам разного состава, преимущественно лейкократовым, и контролировался крутопадающими крупными и региональными нарушениями, зонами бластокатаклизмов и бластомилонитов (Пятунин и др., 1980).

Таблица. Рудоносные кварц-полевошпатовые метасоматиты востока Алдано-Станового щита.  
 Table. Ore-bearing quartz-feldspar metasomatites of the east of the Aldan-Stanovoi Shield.

Фация, основные типы рудной минерализации	Металлогеническая специализация и рудная формация	Примеры рудных объектов
Пегматоиды 3.4–3.2 млрд. лет. Зоны гранитизации		
Кварц-микроклиновая, кварц-ортоклаз-микроклиновая с мусковитом. Монацит-бетафит-эвксенитовый, монацит- ортитовый, уранинитовый типы.	Уран-торий-редкоземельная. U, Th, TR (Ta, Nb).	Проявления Хайканского и Тырканского блоков АСЩ (ВАБ)
Кварц-полевошпатовые метасоматиты 2200–1700 млн. лет (регенерация 1400–1000 млн. лет). Зоны гранитизации и диафтореза.		
Микроклиновая, альбит-олигоклаз-микроклиновая. Уранинитовый, оранжит-торитовый, монацит-бетафит-эвксенитовый, циркон-ортит-приоритовый, торит-ненадквевит-уранинитовый типы.	Уран-торий-редкоземельная. U, Th, TR (Mo, Cu).	Сынъяр, Капелька, Лурикан (ВАБ); Зимовичи, Чимчанское, Кавли, Талга, Ороченка (СГЗО)
Альбитовая, альбит-олигоклазовая, альбит-эпидотовая. Уранинитовый тип.	Урановая. U (Cu, Mo).	Сугджар, Июньское (СГЗО)
Кварц-ортоклаз-микроклин-альбитовый. Ильменит-хромит-давидитовый, браннеритовый типы.	Урановая. U (Ti, Cr).	Джигда, Намарак, Унгринское, Балдыглия (СГЗО)
Фельдшпатиты 1720–1670 млн. лет. Улканская интрузивно-купольная структура (ВАБ)		
<i>Метасоматиты.</i> Альбит-рибекит-эгириновая, альбит-калишпатовая, калишпатовая. Гельвиновый, торит-торианитовый, колумбит-пироклоровый, флюорит-фенакит-бертрандитовый, монацитовый, ксенотимовый, бастнезит-флюоритовый типы.	Редкометалльная альбитовая, редкоземельно-бериллиевая, цинк-бериллиевая. TR, Ta, Nb, Zr, Hf, Be, Zn (U, Th, F).	Бириндя, Бугундя, Улкан, Гельвиновое, Южное, Эталон, Сфалеритовое, Эвклазовое
<i>Щелочные гидротермалиты.</i> Кварц-альбит-рибекит-эгириновая. Колумбит-пироклоровый, чевкинитовый циртолит-ксенотимовый, бастнезитовый фергусонитовый типы.	Редкоземельно-редкометалльная. TR, Ta, Nb.	Эталон, Малое
<i>Фениты.</i> Микроклин-альбит-рибекит-эгириновая. Колумбит-пироклоровый, цирконовый, бастнезит-паризитовый типы.	Редкоземельно-редкометалльная. Zr, Hf, Be, Y	Бириндинское, Ныгванское рудные поля
<i>Щелочные пегматиты и штокшайдеры.</i> Астрофиллит-рибекитовая, эгирин-альбит-микроклиновая. Бастнезитовый, пироклоровый, цирконовый, гентгельвиновый типы.	Редкоземельно-редкометалльная. Be, Zr, Ta, Nb	Пегматитовое, Ключ, Половинка, Угловой
Эйситы 1250–1196 млн. лет (ВАБ)		
Альбит-апатитовая. Иттросинхизит-браннеритовый, циртолит-монацитовый, уранинитовый типы.	Уран-редкометалльно-редкоземельная. U, TR.	Тангукта, Боковое
Альбит-апатит-хлоритовая. Уранинит-ненадквевитовый, циркон-пироклоровый типы.	Уран-редкометалльно-редкоземельная. U, TR.	Тавитчак, Идюма, Снежное (ВАБ)
Фельдшпатиты K <sub>2</sub> . Интрузивно-купольные структуры		
Кварц-микроклиновые. Галенит-сфалерит-аргентитовый тип.	Серебро-полиметаллическая. Ag, Zn, Pb, (Cd, Au, Cu, Mo, Ba, Sr).	Могот (СГЗО)
Кварц-актинолит-альбитовые, кварц-альбитовые. Золото-халькопирит-висмутиновый тип.	Золото-полевошпатовая. Au, Cu, Bi.	Догуйн, Скарновое, Кварцевое (Кет-Капская зона, юго-восток Сибирской платформы)

Кварц-полевошпатовые метасоматиты, связанные с рудопроявлениями и мелкими месторождениями урана с Th и TR, образуют крутопадающие линейные ореолы или линзовидные тела.

Полевые шпаты являются преобладающими минералами метасоматитов (до 70 %) и относятся к микроклину, ортоклазу, олигоклазу, альбиту и альбит-олигоклазу. Темноцветы представлены биотитом двух генераций, редко амфиболом.

Из ряда минеральных типов (табл. 1), наиболее распространены уранинитовый и уран-титанатовый (ильменит-хромит-давидитовый и браннеритовый). Рудная минерализация образует рассеянную вкрапленность или гнезда. Концентрации U в метасоматитах в среднем варьируют в пределах 0.05–5 %, Th 0.1–0.6 %.

Наиболее продуктивно рудоносный полевошпатовый метасоматоз проявился в раннепротерозойское время (готская металлогеническая эпоха) в пределах Улканского эоплатформенного вулканогенного прогиба. Оруденение сопровождало внедрение аллохтонных гранитоидов Улканского многофазного плутона плюмовой природы раннепротерозойского (1.74–1.7 млрд. лет) возраста (Недашковский и др., 1998; Гурьянов 2007). Ореолы метасоматитов связаны с щелочными рибекитовыми гранитами ныгваганского комплекса и распространены преимущественно в их экзоконтактовой и периферических зонах. Крупный ареал распространения кварц-полевошпатовых метасоматитов длиной 35 км, шириной 5–10 км охватывает центральную и восточную части Улканского плутона и контролируется выходами интрузий щелочных гранитов, реже щелочных кварцевых сиенитов и Улканской зоной разломов северо-западного простирания.

В связи с описываемым этапом проявлены метасоматиты, гидротермалиты, фениты и пегматиты, главными минералами в которых являются полевой шпат (микроклин и альбит), кварц и щелочные темноцветы (рибекит, эгирин, озаннит). Полевошпатовые метасоматиты (фельдшпатиты) распространены наиболее значительно, связаны с несколькими рудными формациями (табл. 1). Feldшпатиты контролируются узлами сочленения разломов и развиваются преимущественно по рапакививидным гранитам и граносиенитам. В одном случае (месторождение TR, Nb, Ta Бириндя) метасоматиты этого типа проявились по фенитизированным вулканитам (комендитам), слагающим вулканоструктуру среди гранитоидов в северной части Улканского плутона.

Ореолы фельдшпатитов имеют мощность от нескольких метров до первых сотен метров, протяженность до первых километров и трансформно пересекают границы всех литологических разновидностей магматических пород. В гранитоидах они достигают мощности в сотни метров и имеют расплывчатые внешние контуры, в вулканитах фельдшпатиты имеют отчётливые границы и проявляются более контрастно.

Фельдшпатиты в вулканитах и гранитоидах характеризуются одинаковой зональностью: внешние зоны сложены микроклином, промежуточные микроклином и альбитом, внутренние альбитом и щелочными темноцветными минералами (Недашковский и др., 1998; Гурьянов, 2007).

Щелочные гидротермалиты сформировались на участках максимальной тектонической переработки, катаклаза и брекчирования в гранитах, имеют форму крутопадающих и пологопадающих жил. Состав щелочных метасоматитов аналогичен фельдшпатитам, при преобладающей роли кварца. Главными рудными минералами фельдшпатитов и гидротермалитов являются циркон, монацит, гелвин, гентгельвин, фенакит, берtrandит, эвксенит, пироклор, ксенотим, торит, колумбит и бастнезит.

Фенитизация (контактово-щелочной метасоматоз) проявилась как по рапакививидным гранитам, так и по вулканитам, в обоих случаях по периферии щелочных гранитов (Недашковский, 1986). Основными минералами фенитов по вулканитам являются альбит, эгирин и рибекит, при преобладании последнего. Щелочно-гранитные фениты характеризуются составом микроклин-пертит, альбит и рибекит. В фенитах в контактах с щелочными пегматитами, кроме них, появляется астрофиллит, и количество редкоземельных минералов (циркон, колумбит, фенакит, фергусонит, гагаринит) увеличивается.

Ареалы щелочных пегматитов и штокшайдеров (экзоконтактовых пегматитов) отчетливо приурочены к обрамлению интрузий щелочных гранитов. Пегматиты сложены кварцем, альбитом

и реже микроклин-пертитом. Основными рудными минералами в них являются фенакит, циртолит, пироклор и монацит.

Метасоматиты и гидротермалиты содержат рудные концентрации циркония (до 7,7%), редких земель цериевой группы (Ce 0.1–3 %, La 0.1–1 %), иттриевой группы (Y 0.3–1 %, редко до 1.9 %), а также Be (0.1–1.36 %) и Nb (0.1–0.4 %).

Температура образования фельдшпатитов определена в 500–300 °С (Пахомова и др., 2000), сопровождающих топаз-биотитовых грейзенов – 270–250 °С.

Следующий этап полевошпатового метасоматоза связан со среднерифейской эпохой ТМА в интервале 1250–1190 млн. лет, соответствующий тектогенезу эльсонского и началу гренвильского времени. В это время, проявился метасоматоз эйситового типа с альбитом, олигоклаз-альбитом и апатитом (Кириллов и др., 1998). Эйситизация проявилась на уровне двух структурных этажей – в архейских метаморфических породах и в вулканических, интрузивных образованиях Улканского вулканогенного прогиба. Во всех случаях эйситы слагают жиллоподобные и линзовидные, реже пластообразные (в гнейсах), контрастные по отношению к вмещающим породам тела, мощности которых определялись мощностями контролирующих их разрывных нарушений.

Для эйситов в породах кристаллического фундамента характерна альбит-хлорит-апатитовая ассоциация (фация), к основным рудным минералам относится уранинит, ненадкевит и пироклор. В магматических породах (гранитах и трахириолитах) проявлена альбит-апатитовая фация, главными рудными минералами в эйситах по вулканитам являются браннерит, ксенотим, синхизит, циртолит, в эйситах по гранитам – уранинит, циртолит, ксенотим, монацит, чевкинит. Зональность в эйситах по магматическим породам проявлена отчетливо и выражена альбитизацией во внешних и внутренних зонах метасоматической колонки, апатитизацией в центральных.

В апатит-альбитовых метасоматитах присутствует оруденение двух типов – урановое (в эйситах по метаморфическим породам) и уран-редкоземельно-редкометалльное (в эйситах по магматическим породам). Содержания U в эйситах по вулканитам в среднем составляет 0.1 %, по гранитам 0.1–0.45 %, по метаморфическим породам 0.1–0.3 %. Содержания иттриевых TR наиболее значительно в измененных вулканитах (Y до 0.8 %, Yb до 0.1 %, Lu 0.01 %, Eu и Er 0.03 %, Dy 0.06 %), в них же Zr и Nb до 1 %. В эйситизированных гранитах отмечаются повышенные концентрации Nb до 0.1 %, Y до 0.3 %, Th до 0.2 %.

В альпийскую металлогеническую эпоху, сопровождавшей меловую ТМА (K<sub>2</sub>) проявился кварц-полевошпатовый метасоматоз с золотой, серебряной и полиметаллической специализацией.

Фельдшпатиты этого возраста встречаются в пределах Кет-Капского интрузивного поднятия и в центральной части Становой ГЗО.

В пределах СГЗО, наиболее значительным является серебро-полиметаллическое (с Au) месторождение Могот, локализованное в зоне контакта интрузивных и верхнеархейских метаморфических пород. Диафторированные гнейсы и сланцы инъецированы палингенными гранитами. Прорывающие их граносиенит-порфиры ираканского комплекса с возрастом 90–110 млн. лет относятся к субвулканическим, слагают тело изометричной формы около 3.5 км в поперечнике (Бучко и др., 2013). Рудоносные фельдшпатиты образуют крутопадающие линейные ореолы субмеридионального и северо-восточного простирания с крутым падением протяженностью в сотни метров, до 1 км, при ширине 5–12 м. Основными минералами метасоматитов являются кварц и микроклин, второстепенным – барит. Рудные минералы представлены самородным серебром, аргентитом, блеклой рудой, галенитом, клейофаном. Содержания Ag составляют 100–7305 г/т, Pb до 14.8 %, Zn и Ba до 5 %, Sr до 1 %.

Кристаллизации рудных минералов способствовали условия понижения температуры растворов до 175 °, с уменьшением их концентрации и изменением геохимической специализации растворов с хлоридной на сульфидную (Кириллов и др., 2005).

В пределах Кет-Капской и Юньско-Даньской зон золотоносные фельдшпатиты связаны с последними интрузивными фазами алданского вулcano-интрузивного комплекса. Метасома-

титы локализуются в зоне контакта осадочных, вулканических пород (Бокурская палеокальдера) с интрузивными образованиями алданского комплекса, преимущественно с сиенитами, и контролируются крутопадающими зонами катаклаза субширотного простирания. Фельдшпатиты образуют крутопадающие жилообразные тела или субполюгие залежи мощностью от первых метров до 10–15 м при протяженности в сотни метров, а также выполняют цемент брекчий. Фельдшпатиты кварц-альбитового и альбитового состава развивались по сиенитам и андезитам, а кальцит-кварц-актинолит-альбитового, иногда с авгитом и эгирином – по песчаникам  $PR_2$ . Основными рудными минералами фельдшпатитов являются золото, халькопирит и висмутин. Содержания Au варьируют 1–20 г/т, иногда до первых сотен г/т. Рудная формация относится к золото-полевошпатовой, минеральный тип определен как золото-висмутиновый.

### **Выводы**

Каждый из этапов проявления полевошпатового метасоматоза на востоке АСЦ характеризовался своими геологическими, минералогическими и геохимическими особенностями, отражающими эволюцию рудно-магматических систем во времени. Полевошпатовые метасоматиты AR- $PR_1$  времени отличаются: 1) связью с палингенной гранитизацией; 2) значительной распространенностью; 3) незначительными размерами рудных тел; 4) U-Th специализацией.

Метасоматиты и гидротермалиты  $PR_1$  характеризуются: 1) связью с аллохтонным щелочным гранитоидным магматизмом; 2) значительными масштабами проявления; 3) высокой рудоносностью (TR, Ta, Nb).

Для альбитовых эйситов  $PR_2$  свойственны: 1) связь с тектонической активизацией; 2) локальность проявления (в разломных зонах); 3) значительные концентрации U,  $TR_{\gamma}$ ;

Полевошпатовые метасоматиты MZ характеризуются: 1) связью с ТМА и гранитоидным магматизмом повышенной щелочности; 2) ограниченной распространенностью; 3) благороднометалльным (Au, Ag) и полиметаллическим (Zn, Pb) оруденением.

### **Литература**

1. Гурьянов В.А. Геология и металлогения Улканского района (Алдано-Становой щит). Владивосток. Изд-во: Дальнаука. 2007. 227 с.
2. Бучко И.В., Бучко Ир. В. Новые данные о геологическом строении месторождения Могот (Пристановой пояс юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона) // Материалы конференции Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Т. 1. Якутск. 2013. Изд-во: ИПК СВФУ С. 109–112.
3. Кириллов В.Е., Авченко О.В. Апатит-альбитовые метасоматиты в вулканитах Улканского прогиба юго-восточной части Алданского щита // Доклады РАН. 1998. Т. 361. № 4. С. 531–534.
4. Кириллов В.Е., Бердников Н.В. Минералогия и флюидный режим рудоносных метасоматитов Моготского месторождения серебра (центральная часть Становой зоны) // Геология, минералогия и геохимия месторождений благородных металлов востока России, новые технологии, переработка благороднометалльного сырья. Материалы конференц. Благовещенск. 2005. С. 110–112.
5. Недашковский П.Г. Редкометалльные щелочно-гранитные пегматиты и фениты. М.: Наука, 1986. 87с.
6. Пахомова В.А., Недашковский П.Г., Залищак Б.Л., Соляник В.А. Условия образования руд редкоземельно-редкометалльных месторождений Улканского прогиба (по данным термобарогеохимии) // Материалы IX Международной конференции по термобарометрии. Александров. Изд-во: ВНИИСИМС. 1999. С. 46–47.
7. Пятунин Я.Б., Савинков В.И. Ураноносность Зей-Бурпалинской структурно-металлогенической зоны // Материалы по геологии урановых, редких и редкоземельных месторождений. 1980. Вып. 65. С. 87–95.