

DOI <https://doi.org/10.30695/zrmo/2019.1484.00>

© Д. чл. С. М. БЕСКИН,\* почетный член Ю. Б. МАРИН\*\*

## ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОВЫХ СИСТЕМ С РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫМИ ПЕГМАТИТАМИ

\* *Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов,  
121357, Москва, ул. Вересаева, 15*

\*\* *Санкт-Петербургский горный университет,  
199106, Санкт-Петербург, В. О., 21-я линия, 2;  
e-mail: yubmarin@yandex.ru*

В большинстве редкометалльных пегматитовых полей устанавливаются два поколения гранитных пегматитов: бериллоносные, нередко с тантало-ниобатами, мусковитом, неотрывные от жильных гранитов лейкогранитового комплекса, и натро-литиевые (Li, Ta, Cs, Be, Sn) пегматиты (ЛСТ-пегматиты), разделяющиеся на «*комплексные редкометалльные*» с пегматитовой зональностью и главной минерализацией (крупные кристаллы сподумена, танталатов, берилла, касситерита, поллуцита, петалита, амблигонита) в центральных частях тел (Коктогай, Берник Лейк, Бикита, Карибид, Варутреск, Вишняковское и др.) и «*альбит-сподуменовые*», слагающие многочисленные протяженные дайки без пегматитовой зональности, группирующиеся в поля длиной до 10—15 км и более (Кингс-Маунтин, Завитинское, Гольцовое, Колмозеро, Полмос-Тундровое, Тастыгское и др.). В ряде случаев (Завитинское, Васин-Мыльк, Шукбюль) установлено залегание комплексных редкометалльных пегматитов в «головах» подводящих даек «альбит-сподуменовых пегматитов». Поиски «материнских гранитов» для «альбит-сподуменовых пегматитов» бессмысленны, ибо это не пегматиты, а граниты, хотя и особенные (по существу это сподуменовые граниты алахинского типа). Сделанная, казалось бы, терминологическая поправка, «гранит, а не пегматит» имеет научные (а) и прогнозные (б) следствия: а) решается проблема материнских гранитов, снимаются возражения против пегматитового статуса «альбит-сподуменовых пегматитов», занимающих в истории магматизма некоторых пегматитоносных ареалов самостоятельный, сподумен-редкометалльно-гранитовый этап, завершающийся формированием своих — истинных — комплексных пегматитов; и б) можно предполагать, что под такими комплексными месторождениями, как Коктогай, Берник Лейк, Бикита, Карибид, Вишняковское, залегает свита даек сподуменсодержащих редкометалльных гранитов (т. е. самостоятельное Li-месторождение), дифференциатами которых являются комплексные пегматиты.

*Ключевые слова:* гранитные пегматиты и пегматоиды, комплексные редкометалльные пегматиты, альбит-сподуменовые пегматиты, сподуменсодержащие граниты алахинского типа, сподумен-редкометалльно-гранитовый этап в истории магматизма.

### S. M. BESKIN,\* Yu. B. MARIN,\*\* PECULARITIES OF GRANITE SYSTEMS INCLUDING RARE-METAL PEGMATITES

\* *Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements, Moscow, Russia*

\*\* *Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia*

There are usually two generations of granitic pegmatites revealed in most of rare-metal pegmatite fields: beryl-bearing ones, often with tantalum-niobate, muscovite, inseparable from vein-shaped

granite leucogranite complex, and sodium-lithium (Li, Ta, Cs, Be, Sn) pegmatites (or LCT-pegmatites), which are subdivided into «complex rare-metal» ones, with the pegmatite zonation and the major mineralization (large crystals of spodumene, tantalates, beryl, cassiterite, pollucite, petalite, amblygonite) in central parts of their body (Koktogay, Bernick Lake, Bikita, Karibib, Varutresk, Vishnyakovskoye, etc.), and «albite-spodumene» ones, composing numerous extensive pegmatite dykes without zoning, grouping in their fields as long as up to 10—15 km and more (Kings Mountain, Zavitsinskoye, Goltsovoye, Kolmozero, Polmos Tundras, Tastygskoye, etc.). In some cases (Zavitsinskoye, Vasin-Mylk, Shuckbjul), there are established complex rare-metal pegmatites occurring in «heads» of conveying dykes of «albite-spodumene pegmatites». The search of «parent granites» for «albite-spodumene pegmatites» is meaningless, because they are not pegmatites, but granites, although special ones (in fact, they are spodumene granites of the alakhinsky type). The terminological, as it seems to be, readjustment: «granite, not pegmatite», has its scientific (a) and prognostic (b) consequences. Firstly, there is resolving (a) the problem of parent granites, objections to the pegmatite status of «albite-spodumene pegmatites» become removed. This type of pegmatites occupies in history of magmatism over some pegmatite-bearing areas its independent, spodumene-rare-metal-granite stage, concluded by formation of their own — true — complex pegmatites. And secondly (b): it may be assumed that under such complex pegmatite fields as Koktogay, Bernick Lake, Bikita, Karibib, Vishnyakovskoye, there are occurring series of dikes of spodumene-rare-metal granites (i. e., Li ore deposits), which are differentiates of complex pegmatites.

*Key words:* granite pegmatites and pegmatoids, complex rare-metal pegmatites, albite-spodumene pegmatites, spodumene-bearing granites of alakhinsky type, spodumene-rare-metal-granite stage in the history of magmatism.

## ВВЕДЕНИЕ

Геолого-структурная позиция локализации пегматитоносных гранитовых ареалов с редкометалльными (Li, Cs, Ta, Be, Sn) пегматитами подробно охарактеризована А. И. Гинзбургом и сотрудниками (1979) и сводится к тому, что эти ареалы приурочены к линейным, в том числе шовным поясам (многие десятки километров длиной, 10—30 км шириной), между относительно стабильными геоблоками континентальной литосферы. Такие пояса с фанерозойскими пегматитами представляют собой складчато-сдвиговые, с надвигами, полосы метаморфизованных в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фации (до уровня амфиболитовой фации андалузит-силлиманитового типа) вулканогенно-осадочных толщ, насыщенные зонами смятия (в том числе иногда и гипербазитовым меланжем). Для докембрийских редкометалльных пегматитов характерно расположение в трогах фундамента древних платформ, в том числе в зеленокаменных поясах. Иными словами, можно утверждать, что крупные поля редкометалльных пегматитов формируются в обстановках постколлизийных сдвигово-раздвиговых деформаций и рифтогенеза континентальной литосферы (Загорский и др., 2014; Hanson, 2016).

Нет сомнения, что коль скоро пегматиты гранитные, их надо увязывать с материнскими гранитами, проблема которых продолжает оставаться актуальной. Чаще всего материнскими для редкометалльных пегматитов считаются граниты, возле или внутри массивов которых установлены пегматитовые тела (Гинзбург и др., 1979; Гранитные пегматиты, 1997; Кузнецова и др., 2018; Bradley et al., 2016; Galliski et al., 2019). Именно так, в частности, читаем еще в публикациях К. А. Власова. Однако, в его же работах (Власов, 1952; 1961) на документациях среди пород, предшествующих появлению графического пегматита, показана порода, названная «равномерно-мелкозернистым пегматитом гранитной структуры». В этих же работах в хвостовую часть модели, включающей несомненно пегматитовые породы, добавлено звено, представ-

ляющее собой «особенный пегматит», а на самом деле гранит (тело которого протягивается на глубину), дифференцирующийся в верхней части в пегматит (Власов, 1952, фиг. 1 и 2, с. 42 и 49). Анализ этих и других материалов (Бескин, Марин, 2017) не может не привести к заключению, что истинными материнскими гранитами для рассмотренных в работах К. А. Власова пегматитов являются именно такие равномерно-мелкозернистые лейкограниты, образующие самостоятельные подводящие дайки и штоки, и нередко, кроме того, являющиеся самыми внешними (более внешними, чем графический пегматит) зонами пегматитовых тел.

Нередко обсуждается проблема: следует ли считать «пегматитами» некоторые, хотя и грубо- и даже гигантокристаллические кварц-полевошпатовые породы, присутствующие в пегматитовых узлах, не отвечающие в своем строении классической пегматитовой зональности. Если признаков зональности нет, и мы имеем дело только с грубокристаллическим агрегатом, то такое образование лучше называть «пегматоид» или «пегматоидный гранит» (если виден переход несомненного гранита в такой пегматоид). В этом случае не должно смущать и то, что в таких пегматоидах могут присутствовать редкометалльные минералы, ведь, в связи с обнаружением редкометалльных гранитов (Бескин и др., 1999) многократно фиксировались выходы их пегматоидных разновидностей. Итак, пегматоидными называются те тела, которые в основном сложены не пегматитовыми, а гранитовыми (крупно-, средне- и мелкозернистыми) кварц-полевошпатовыми породами, но содержат заметное количество грубокристаллических или блоковых кварцевых, полевошпатовых и кварц-полевошпатовых агрегатов. Участие в них индивидов или агрегатов редкометалльных минералов, например сподумена или петалита, не влечет («автоматически», как это ныне принято) к переводу любых этих образований в разряд пегматитовых пород или тел.

## **О ДВУХ ПОКОЛЕНИЯХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ И ИХ МАТЕРИНСКИХ ГРАНИТАХ**

Пегматитовые редкометалльные рудные узлы в пределах поясов представляют собой скопления гранит-лейкогранитовых масс (не обязательно выходящих на поверхность и не обязательно субсинхронных с пегматитами), в том числе фиксируемые локальными минимумами силы тяжести, размерами в поперечнике до первых десятков километров (Объемное..., 1981; Лишнеvский, 1991; Принципы..., 2007). Гранито- и пегматитогенез в упомянутых поясах протекает в неспокойной тектонической обстановке, так что удлиненные гранитные массивы нередко представлены совокупностью соединяющихся-разъединяющихся даек, штоков, залежей (Бескин, Марин, 2017), часто сорванных и перемещенных («стресс-гранитоиды» — Владимирov и др., 1996). В разных частях гранитовых тел могут возникать гнейсоподобные текстуры, сопровождаемые многократной перекристаллизацией с появлением порфиробластов порообразующих минералов.

В качестве примера рассмотрим ситуацию на хорошо изученном Завитинском пегматитовом ареале Восточного Забайкалья. Контур Завитинского пегматитового ареала, как это видно на рис. 1, соответствует субшироко расположенному локальному минимуму силы тяжести (СТ), имеющему в плане размеры 25 × 16 км, который отражает скопление мезозойских гранитовых

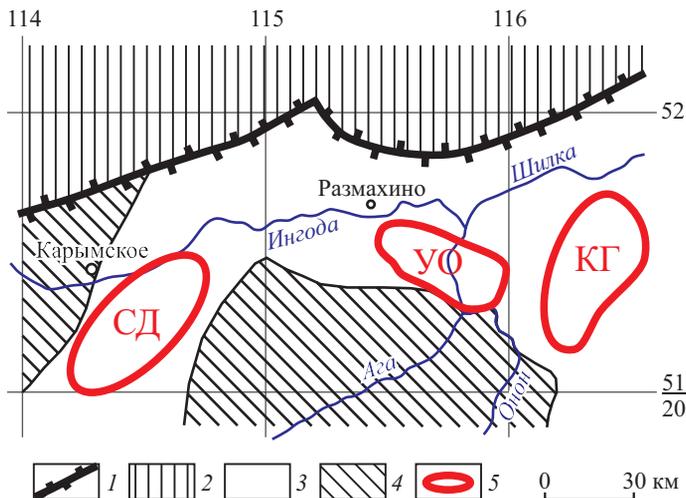


Рис. 1. Положение Завитинского пегматитового ареала в структуре глубинного строения земной коры Ингода-Шилкинской части Забайкалья. Выкопировка из карты Э. Н. Лишневекого (1991, с. 56). Генерализация С. М. Бескина.

1 — ось Монголо-Охотского глубинного разлома; 2 — Становой эпикратонный пояс; 3–5 — Монголо-Забайкальская складчатая область: 3 — геоблоки салического типа (зональные минимумы силы тяжести), 4 — геоблоки мафического типа (зональные максимумы силы тяжести), 5 — локальные минимумы СТ, соответствующие скоплениям мезозойских гранитных масс, в т. ч. скрытых на глубине; они же — контуры пегматитовых ареалов: СД — Седловский, УО — Усть-Ононский (Завитинский), КГ — Кангинский.

Fig. 1. Position of the Zavitsinsky pegmatite area in the deep structure of the Earth's crust of Ingoda-Shilka part of Transbaikalia. Copy of the map of E. N. Lishnevsky (1991, p. 56), generalized by S. M. Beskin.

масс, в том числе скрытых на глубине (Объемное..., 1981; Лишневекий, 1991). Как и соседние на запад и на восток, соответственно Седловский и Кангинский локальные минимумы СТ, также являющиеся пегматитовыми ареалами, Завитинский приурочен к субширотному линейному салическому геоблоку (зональный минимум СТ), протягивающемуся южнее Монголо-Охотского шва (рис. 1). В целом он соответствует грабен-синклинали, выполненной мезозойскими терригенными и вулкано-терригенными толщами на фоне более древних пород.

По наблюдениям за секущими контактами, физиографическим, петрографическим, геохимическим признакам (Загорский, Кузнецова, 1990; Бескин, Банцеккин, 1991; Принципы..., 2007; Загорский и др., 2014), последовательность возникновения мезозойских гранитоидов в Завитинском ареале выстраивается в виде *четырёх* многофазных интрузивных комплексов:

1. Древний комплекс — несколько фаз неравнозернистых биотитовых и роговообманково-биотитовых, часто порфиroidных тоналитов, гранодиоритов и плагиаадамеллитов. Характерно присутствие в них ксенолитов песчано-сланцевых пород. Радиологический возраст адамеллитов — 169 млн лет.

2. Ранний гранитовый комплекс — включает в себя начальные фазы среднезернистых порфиroidных биотитовых гранитов, выходы которых порой трудно отделить от пород древнего комплекса, и последующие фазы неравнозернистых, иногда слабопорфиroidных двуслюдяных гранитов, включая поздние фазы мелкозернистых двуслюдяных гранитов. Физиография средне-крупнозернистых гранитов отвечает типу «А» (Принципы..., 2007, с. 32). Возраст мелкозернистых двуслюдяных гранитов — 147.5 млн лет.

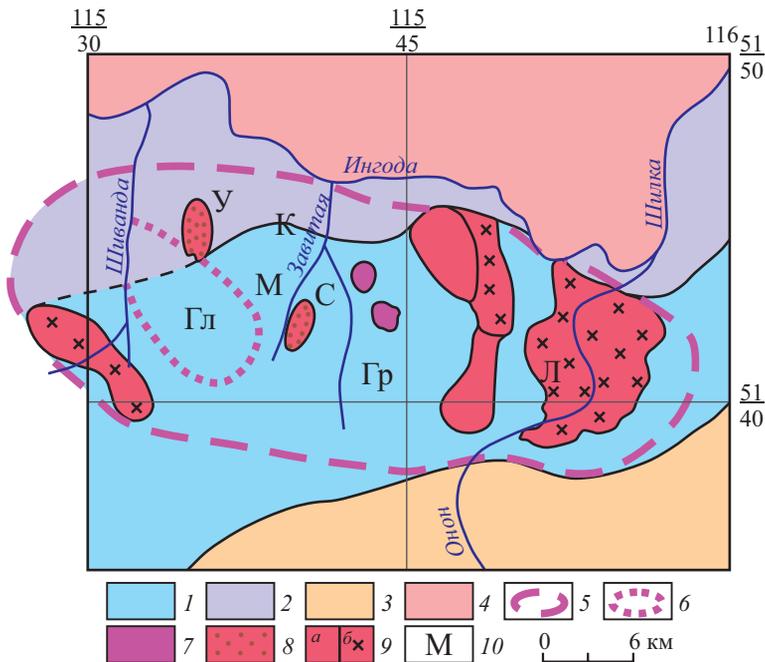


Рис. 2. Схема геологического строения Завитинского пегматитового ареала. По (Загорский, Кузнецова, 1990). Генерализация С. М. Бескина.

1 — юрские терригенные и вулканогенные толщи; 2 — триасовые и пермо-триасовые метатерригенные толщи; 3 — девонские терригенные толщи; 4 — протерозой-нижнепалеозойские метаморфиты, пронизанные палеозойскими гранитоидами; 5 — локальный минимум силы тяжести, контур которого соответствует скоплениям мезозойских гранитов и пегматитов Завитинского ареала; 6—9 — приблизительные контуры главных мезозойских гранитных массивов и дайковых полей; 6 — главное поле сподуменовых гранитов, сподуменовых пегматоидных гранитов, натро-литиевых пегматитов, 7 — среднезернистые двуслюдяные и мусковитовые лейкограниты позднего интрузивного комплекса мезозоя, 8 — мелкозернистые двуслюдяные и мусковитовые лейкограниты и их пегматиты позднего комплекса, перемежающиеся с прорываемыми ими двуслюдяными и биотитовыми гранитами раннего комплекса, 9 — среднезернистые порфиридные двуслюдяные граниты раннего комплекса (а), в том числе и еще более ранние меланократовые разновидности, часто с гранодиоритами древнего комплекса (б); 10 — обозначения участков скопления пегматитов и пегматоидов (Гл — Главный, М — Молоковский, С — Стрелкинский, У — Утёсный, Л — Луковогорский, Гр — Горбуновский, К — Каменский).

Fig. 2. Scheme of geological structure of the Zavitsinsky pegmatite area. After (Zagorsky, Kuznetsova, 1990), generalized by S. M. Beskin.

3. Поздний гранитовый комплекс — включает в себя, во-первых, начальные фазы среднезернистых равнозернистых двуслюдяных лейкогранитов, отвечающих по физиографии типу «Б» (Принципы..., 2007, с. 33) и образующих малые выходы восточнее участка Стрелка (рис. 2). Во-вторых, это заключительные фазы — мелкозернистые равнозернистые мусковитовые лейкограниты (и аплиты), отличающиеся от мелкозернистых гранитов предыдущего комплекса более темными оттенками кварца и обликом его зерен, похожих на ихтиоглипты. Детали состава этих (и более ранних) гранитов отражены в работе (Загорский, Кузнецова, 1990, с. 8—11). Радиологический возраст мусковитовых лейкогранитов — 140 млн лет. От мелкозернистых лейкогранитов неотрывны многочисленные пегматоидные разновидности и редкометаллоносные (Be) пегматиты, в том числе двуполевошпатовые. Радиологический возраст последних — 139.6 млн лет.

4. Юный комплекс — включает в себя образования, которые принято обобщенно называть «натровые и натро-литиевые пегматиты». На участке Моло-

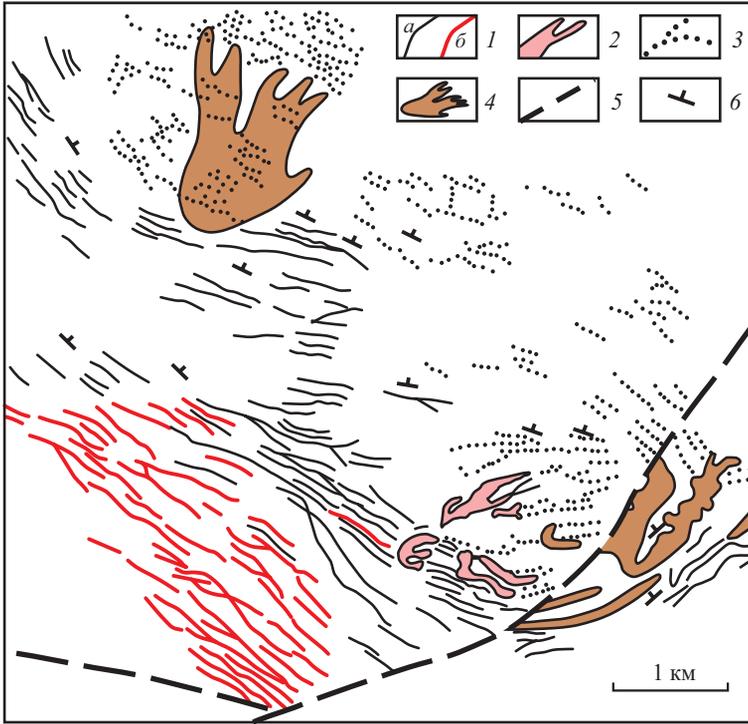


Рис. 3. Схема размещения разновидностей гранитов и пегматитов на Главном участке и сопредельных площадях Завитинского месторождения. Составили С. М. Бескин и В. А. Банцекин с использованием материалов ГРП.

1—2 — интрузивный комплекс редкометалльных микроклин-альбитовых гранитов: 1 — дайки альбитовых гранитов, в том числе пегматоидных (а), включая насыщенных сподуменом (б), 2 — нерасчлененные «слоистые залежи» из мелкозернистых двуслюдяных гранитов, альбитовых аплитов, разных пегматитов; 3—4 — нерасчлененные интрузивные комплексы лейко- и мезократовых гранитов: 3 — дайки, жилы и неправильной формы тела существенно микроклиновых пегматитов, 4 — нерасчлененные «слоистые залежи» из мелко- и среднезернистых двуслюдяных слабо порфириловидных гранитов, лейкогранитов и существенно микроклиновых пегматитов; 5 — главные тектонические нарушения; 6 — элементы залегания гранитных и пегматитовых тел.

Fig. 3. Scheme of location of granites and pegmatites varieties over the Main land and neighboring areas of the Zavitsinsky field. Composed by S. M. Beskin and V. A. Bantsekin with use of materials of the Exploration crew.

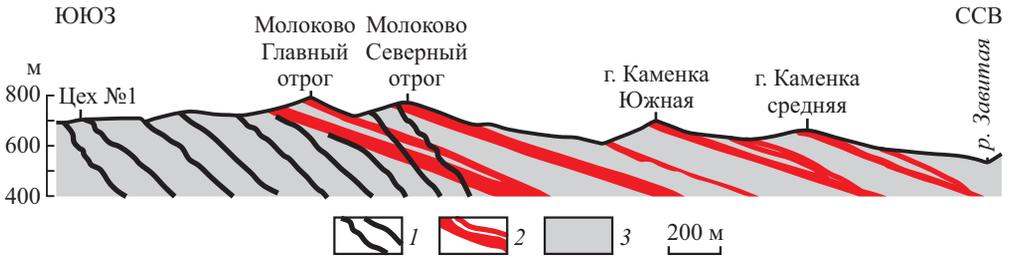


Рис. 4. Геологический разрез Завитинского пегматитового ареала от восточного фланга Главного участка через участок Молоковский к Каменскому участку.

1 — дайки сподуменовых гранитов («альбит-сподуменовые пегматиты») юного интрузивного комплекса (принципиальная картина); 2 — силы мелкозернистых мусковитовых лейкогранитов позднего интрузивного комплекса с пегматоидными и пегматитовыми образованиями в висячих боках (картина сложнее: масса маломощных апофиз и соединений); 3 — вмещающие песчано-сланцевые породы, а также и граниты раннего комплекса мезозоя.

Fig. 4. Geological cross-section of the Zavitsinsky pegmatitic area from the eastern flank of its Main land through the Molokovsky area to the Kamensky one.

ково зафиксировано прорывание мелкозернистых гранитов и аплитов предыдущего комплекса подобными пегматитами (Загорский, Кузнецова, 1990, с. 11). Дайки юного комплекса распространены почти по всему Завитинскому ареалу (рис. 3, 4), но наиболее развиты на Главном участке и к западу от него. В основе большинства даек юного комплекса лежит кварц-альбитовая или кварц-сподумен-альбитовая порода, отвечающая по физиографии гранитам типа «В» (Принципы..., 2007, с. 34), нередко осложненная пегматоидными кварц-полевошпатовыми и (или) сподуменовыми агрегатами. Радиологический возраст таких пород — 129.6 млн лет.

Из сказанного ясно, что в Завитинском ареале присутствуют два возрастных поколения гранитных пегматитов, достаточно различного состава и друг в друга не переходящие, что подтверждает давнее (в книге 1940 г.) заключение А. Е. Ферсмана (1960, с. 608) о том, что на Завитой есть две ассоциации пегматитов. Первое поколение пегматитов неотрывно от мелкозернистых двуслюдяных и мусковитовых лейкогранитов позднего интрузивного комплекса. Эти пегматиты и пегматоиды залегают и в гранитах раннего комплекса («проникающая пегматитизация»), а также во вмещающих сланцах. Пегматоиды и пегматиты первого поколения имеют плагиоклаз-кварц-калишпатовый и кварц-альбит-калишпатовый составы, часто им присуща правильная пегматитовая зональность (графическая, блоковая кварц-микроклиновая или кварц-микроклин-альбитовая и ядерная кварцевая зоны). Для многих тел характерно присутствие значительных количеств пригодных для рудоразборки берилла и крупнопластинчатого мусковита. В монографии (Загорский, Кузнецова, 1990) пегматоиды и пегматиты первого поколения выступают как типы «I — гранит-пегматиты» и «II — двуполевошпатовые пегматиты». Фактический материал позволяет предположить генезис раннего поколения пегматитов и пегматоидов как дифференциацию расплавов-растворов на месте внедрения лейкогранитов (или в процессе внедрения на подходе к современному уровню наблюдения), при этом позднемагматические процессы, перекристаллизация, кристаллобластез и метасоматоз шли примерно субсинхронно, и зачастую разделить их невозможно. Одновременно шло проникновение пегматитового материала во вмещающие граниты раннего интрузивного комплекса и в сланцы.

Формирование натро-литиевых пегматитов Завитинского ареала (второе поколение пегматитов) происходило в особенно напряженной тектонической обстановке, которая обусловила многоимпульсное внедрение дифференцировавшихся на глубине редкометалльных расплавов по типу «дайка в дайке». Это документируется в следующей последовательности (Бескин, Банцекин, 1991).

1. Внедрение расплава и образование почти бессподуменных мелко- и тонкозернистых аплитовых пород существенно кварц-альбитового состава («белый аплит», *БА*).

2. Взламывание полузастывших даек *БА*, внедрение литиеносных расплавов и формирование в тех же трещинных полостях сподуменовых (до 10 % и более) мелко- и тонкозернистых аплитовых пород («серый аплит», *СА*). Форма сподуменовых кристаллов разнообразна, вплоть до войлоковидной (Загорский, Кузнецова, 1990).

3. Новое взламывание даек *БА* и *СА*, внедрение высоколитиевого и (из-за расслоения) почти безлитиевого расплава и формирование главной рудной породы — так называемых «альбит-сподуменовых пегматитов». Как на Завитой,

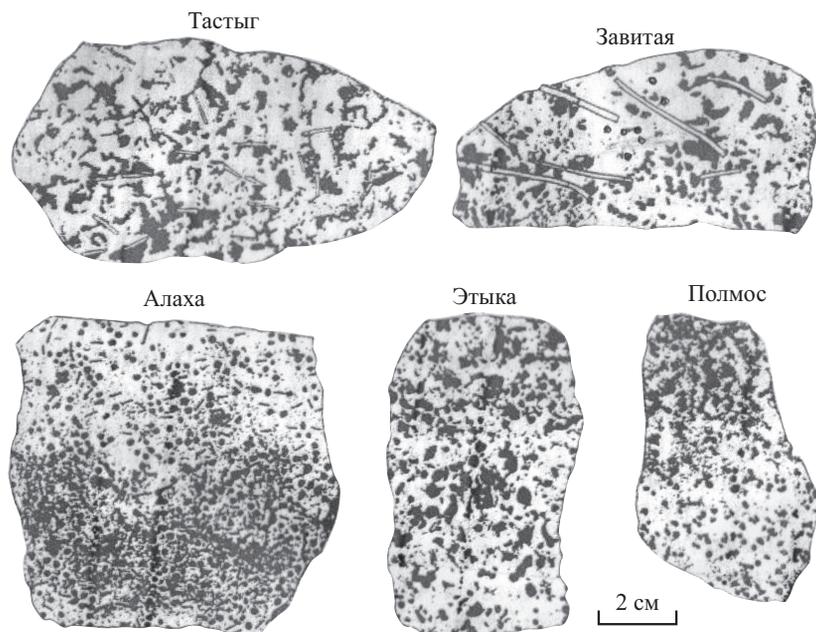


Рис. 5. Типизированная физиография (макрооблик) редкометалльных гранитов *B* разных месторождений сподуменовых гранитов (кроме Этыки, штуф Та-руды, откуда помещен для сравнения).

*Черное* — кварц, *белое* — полевые шпаты, сподумен изображен особо.

Fig. 5. Typified physiography (macro-image) of rare-metal *B* granites from different fields of spodumene-bearing granites (a sample of Ta-bearing ore from the Etyca deposit is placed for comparison).

так и на других подобных полях, по существу это изначально микроклин-сподумен-кварц-альбитовый среднезернистый овоидофировый («горошковидные» зерна кварца) гранит (рис. 5), который в результате субсинхронной перекристаллизации во многих местах приобрел облик крупно- и грубозернистого гранитовидного (по облику кварц-полевошпатовой матрицы) или гранитовидно-мелкоблокового пегматоида с ориентированными по нормали к зальбандам кристаллами микроклина и сподумена.

Перечисленные разновидности сподуменовых пород нередко обрамлены (или подстилаются) овоидофировым почти бессподуменовым среднезернистым или крупнозернистым альбитовым гранитом, который принято тоже называть пегматитом. Подобные же бессподуменовые агрегаты (судя по результатам бурения) слагают глубинные части даек, которые выше становятся сподуменовыми рудами (эти существенно альбитовые агрегаты отличаются от сходных альбитовых пород ассоциации «I + II» присутствием не только берилла, но касситерита, колумбита, иногда и сподумена, а также проявлениями грейзенизации — Загорский, Кузнецова, 1990). Иными словами, образования, которые принято называть «альбит-сподуменовые пегматиты», на самом деле являются пегматоидными и непегматоидными сподуменовыми гранитами (Бескин, Шмакин, 1980; Бескин, Марин, 1998), в целом отвечающими физиографии типа *B* (Принципы..., 2007, с. 34).

Переходя к геологическим соотношениям перечисленных агрегатов, повторим, что *СА* прорывает *БА*, часто срезая в нем первичную расслоенность. Оба встречаются в пегматоидных сподуменовых гранитах («альбит-сподуме-

новых пегматитах») в виде разноразмерных и разноформенных ксенолитных глыб и пластин совместно или в отрыве друг от друга (именно их наблюдал А. Е. Ферсман, отмечая «неправильно-ксенолитные текстуры»), а также и в самостоятельных дайках. О том, что пегматоидные сподуменовые граниты рвут *БА + СА*, свидетельствуют резкие границы, подрезание полосчатости в *БА + СА*, большие участки эруптивных брекчий с массой угловатых обломков *БА* или *СА*, плавающих в цементе пород «3». В ряде случаев можно наблюдать, как «доски» сподумена, присутствующие в изобилии в гранитной или гранитовидной породе, не прерываясь переходят в ксенолитные пластины *БА* или *СА*. Это значит, что «доски» сподумена являются поздними — *пегматоидными* — образованиями и обязаны своим возникновением собирательной перекристаллизации. Иными словами, намечается этап «3-а», в какой-то мере совпадающий с этапом «4».

4. В результате дифференциации расплавов «3» в некоторых местах дайковых систем происходило (в том числе и при субсинхронном метасоматозе и пегматоидном кристаллобластезе по *БА* и *СА*) формирование грубо- и гигантокристаллических *зональных пегматитовых тел*. Они, как правило, без графической зоны, но с блоковыми кварц-микроклиновой (ближе к лежащему боку), кварц-клевеландитовой, со смещенным вверх кварцевым ядром, с крупнокристаллическим кварц-мусковитовым комплексом и особо крупными кристаллами сподумена, петалита, амблигонита, берилла. В таких пегматитовых телах «4» обычны кварц-мусковитовые и лепидолитовые грейзеновые агрегаты, а также миаролы, иногда с кристаллами мориона, топаза, воробьевита, полихромного турмалина, прозрачных берилла и сподумена.

Зональные пегматитовые тела на Завитой, особенно на глубоких горизонтах, немногочисленны, имеют чаще малые размеры. Приурочены они к головам даек «1 + 2 + 3», в том числе к их раздувам. Например, жила Полиминеральная — наиболее крупная, 140 × 1—4 м, практически без сподумена, но с петалитом; или жилы Псевдокунцитовая и Лампрофировая с гигантскими «досками» сподумена. Подобные пегматитовые тела могут быть приуроченными и к поперечным трещинам внутри даек, например жила Петалитовая, с крупными кристаллами сподумена.

Обобщенное геологическое картирование добычного карьера в легенде «1», «2», «3», «4» (С. М. Бескин, В. А. Банцекин, 1986—1987 гг., с учетом материалов бурения) свидетельствует о том, что на глубине аплитовидные образования *БА* и *СА* имеют гораздо большее развитие, чем на верхних горизонтах. Сподуменовые граниты, пегматоидные сподуменовые граниты («альбит-сподуменовые пегматиты») и истинные натро-литиевые пегматитовые тела в большей мере развиты на средних и, особенно, на верхних горизонтах.

Ввиду того, что в подавляющем большинстве случаев сподуменосодержащие дайки переполнены плитообразными и иной формы ксенолитными обломками *БА* и *СА*, наблюдается незакономерное многополосчатое или эруптивно-брекчиевидное строение литиеносных рудных тел, но это не имеет отношения ни к пегматитовой зональности, ни к представлению о дифференциации тел по схеме «альбитовый аплит — пегматит». В опорных обнажениях *эруптивные* контакты в последовательности *БА — СА — сподуменовый гранит* («альбит-сподуменовый пегматит») несомненны.

Таким образом, учитывая стадийность «1—4», надо признать длительность формирования литиеворудных даек, так что первичные их интрузии (*БА, СА, альбитовый овоидофировый сподуменовый гранит*) претерпели многократ-

ную переработку, в том числе до преобразования *BA* (и *CA?*) в бескварцевые альбититовые сахаровидные массы. В ряде мест можно наблюдать исходные породы, не оставляющие сомнения в том, что подавляющая масса даек сложена не пегматитами, а редкометалльными (сподуменовыми) гранитами (Бескин, Шмакин, 1980). Немаловажно и то, что наиболее богатые литиевые руды на Главном участке (наиболее богатые сподуменом) приурочены к *лежащему* боку «свиты» сподуменовых даек (Загорский, Кузнецова, 1990), что, конечно, противоречит пегматитовой зональности.

В целом фактический материал конкретных наблюдений не позволяет выстроить единую генетическую линию от безлитиевых пегматитов первого поколения (поздний интрузивный комплекс), развитых, например, на участках Стрелка, Утёсный, к литиеносным пегматоидам и пегматитам второго поколения (юный интрузивный комплекс), развитым в основном на Главном участке, а также к западу; и на Горбуновском участке. Геохимические данные в работе (Загорский, Кузнецова, 1990, с. 40—78) не противоречат, а скорее, подтверждают это.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Для пегматитоносных гранитовых систем, проанализированных на примерах не только Завитинского, но и Гольцового, Вишняковского, Коктогайского и других редкометалльных пегматитовых ареалов, характерно отсутствие среди ранних членов интрузивных серий сиенитоидов и появление в них высокоизвестковистых пород — тоналитов, плагиоадамеллитов и т. п. Это гранитоидные серии пониженной щелочности, отличные от серий повышенной щелочности с редкометалльно-редкоземельными, часто амазонитовыми пегматитами (Гордиенко, 1996; Бескин, Марин, 2017). В этих пегматитоносных узлах, кроме ранних высокоизвестковистых гранитоидов, как правило, картируется серия из многофазных гранитовых комплексов (Принципы..., 2007; Бескин, Марин, 2017): *A* — неравнозернистые биотитовые, роговообманково-биотитовые, двуслюдяные ранние граниты; *B* — равностернистые двуслюдяные и мусковитовые поздние лейкограниты с финальными дайками мелкозернистых лейкогранитов (с гранатом и турмалином) и пегматитов; *B* — микроклин-альбитовые и альбитовые, часто пегматоидные, юные редкометалльные граниты с пегматоидами и пегматитами. В международных классификациях подобные интрузивные серии обозначаются как I-S граниты. В отличие от гранитов *A* и *B*, представленными весьма большими объемами, граниты *B* — это малые интрузии и, чаще, дайки, общие объемы которых несопоставимо малы по сравнению с (*A* + *B*).

При детальном картировании в большинстве редкометалльных пегматитовых полей удастся распознать два поколения гранитных пегматитов. Во-первых, это бериллоносные, нередко с тантало-ниобатами, иногда и с крупными пластинами мусковита, неотрывные от жильных гранитов *B*. Во-вторых, это редкометалльные (Li, Ta, Cs, Be, Sn) натровые и натро-литиевые пегматоидные граниты и пегматиты, совокупно выступающие **самостоятельным**, завершающим серию интрузивным комплексом *B* (Бескин и др., 1999). О существовании двух поколений редкометалльных пегматитов сказано еще в классической монографии А. Е. Ферсмана; согласно известной классификации Н. А. Солового микроклинитовые и микроклин-альбитовые пегматиты, без минералов лития — это первое поколение, а с минералами лития — второе. Пегматитам

первого поколения (умеренно редкометалльным) присуща тенденция к образованию классической пегматитовой зональности, причем полезная минерализация в них концентрируется в центральных частях тел.

Различие пегматитов комплексов *Б* и *В*, фиксируемое при геологических наблюдениях, подтверждено и многими минералого-геохимическими данными (Загорский, Кузнецова, 1990; Гордиенко, 1996; Гранитные пегматиты, 1997; Бескин и др., 1999; Černý, Ercit, 2005; Hanson, 2016; Galliski et al., 2019; и др.). В то время как структура взаимосвязи «гранит — пегматит» в ассоциации лейкогранитов *Б* стандартная и общеизвестная, структура ассоциации *В*, которую принято называть «натро-литиевые пегматиты», не тривиальна. В отношении этой ассоциации в работах К. А. Власова (1961), Н. А. Солодова (1962), А. И. Гинзбурга и др. (1979), Г. Б. Мелентьева (2016) и других исследователей неоднократно обращалось внимание на то, что по внутреннему строению натро-литиевые редкометалльные пегматиты четко распадаются на два сообщества.

*Первое*, называемое «*комплексные редкометалльные пегматиты*», представлено в каждом из пегматитовых полей единичными более или менее объемными, обычно полого залегающими, часто линзовидно-изометричными телами. Для них характерна локализация в массивных вмещающих породах — гранитах, ортоамфиболитах, диабазах и др. Они отличаются несомненной внутренней — истинно пегматитовой — зональностью. Их внешние зоны сложены гранитовидными и (или) графическими агрегатами, промежуточные — блоковыми полевошпатовыми агрегатами, внутренние зоны — блоковыми кварц-полевошпатовыми или кварцевыми — с одновременными скоплениями редкометалльных минералов. Это комплексные редкометалльные месторождения, где наряду с литием важное (часто более важное) значение имеют тантал, цезий и рубидий. Главная редкометалльная минерализация концентрируется в центральных частях таких пегматитовых тел. Она представлена крупными кристаллами танталатов, берилла, касситерита, лепидолита, поллуцита, петалита, амблигонита, особенно крупными — сподумена (в том числе кунцита). Здесь же скопления крупнокристаллического клевеландита и цветных турмалинов. Примерами таких месторождений являются Коктогай (Китай), Берник Лейк (Канада), Бикита (Зимбабве), Карибиб (Намибия), Варутреск (Швеция), Вишняковское (Россия) и др. Во многих случаях добыча полезных минералов из подобных объектов предусматривает ручную рудоразборку и (или) промывку.

*Второе* сообщество, называемое «*альбит-сподуменовые пегматиты*», представлено породами-рудами, которые обычно слагают многочисленные протяженные крутые и наклонные дайки, группирующиеся в поля длиной до 10—15 км и более, чаще приуроченные к сланцеватым вмещающим породам. Для них характерны значительные превышения длины над мощностью (более 100 крат). В их внутреннем строении (в отличие от предыдущих), несмотря на присутствие крупнокристаллических (пегматоидных) агрегатов, отсутствует пегматитовая зональность, в частности, отсутствуют графические оторочки и кварцевые ядра. Очень часто преобладающий кварц-полевошпатовый агрегат, пусть и со сподуменом, является *гранитовой* массой типа гранитов *В* (Бескин, Шмакин, 1980; Бескин и др., 1999).

Грубокристаллические полиминеральные скопления, в том числе со сподуменом (иногда и с петалитом), присутствующие в подобных дайках, не имеют в них закономерного расположения, часто приурочены к лежащим бокам даек,

что, конечно же, не характерно для классического пегматитогенеза. Нередко крупные кристаллы сподумена заполняют весь объем какого-то участка дайки, группируясь параллельно друг другу перпендикулярно контактам (несомненный признак бластеза в трещинах, возникших из-за бокового сдавливания даек). В таких дайках сподумен, иногда и петалит, являются порообразующими минералами, в связи с чем средние содержания  $\text{Li}_2\text{O}$  иногда достигают 1—3 % (это существенно больше, чем содержания в комплексных редкометалльных пегматитах, где литиевые минералы выступают, хотя порой и обильными, но аксессуариями).

Ко второму сообществу принадлежат такие литиевые месторождения, как Завитинское, Тастыгское, Колмозеро (Россия), Кингс-Маунтин (США), Парунское (Афганистан) и мн. др. О том, что рудными их телами, повторим, являются сподуменовые граниты, говорит и то, что при отработке подобных объектов обязательно применяется флотация.

В международных классификациях комплексные пегматиты, а иногда и только литиевые альбит-сподуменовые «пегматиты» (сподуменовые граниты) обозначаются как LCT-пегматиты (Černý, Ercit, 2005).

Авторы, на основании опыта полевых наблюдений (Бескин и др., 1979, 1998, 1999; Бескин, Шмакин, 1980) и анализа публикаций Б. А. Дьячкова, А. И. Гинзбурга, В. В. Гордиенко, В. Е. Загорского, Л. Г. Кузнецовой, Л. Н. Россовского, В. М. Макагона, Н. А. Солодова, А. В. Ткачева, считают, что поиски «материнских гранитов» для так называемых «альбит-сподуменовых пегматитов» бессмысленны, ибо это не пегматиты, а граниты, хотя и особенные. Можно утверждать, что «альбит-сподуменовые пегматиты» и есть гранитовая составляющая ассоциации «В». В основе она имеет кварц-микроклин-альбитовую массу «порфиробластовой» структуры, по Н. А. Солодову (1962), в том числе со сподуменом. По существу это сподуменовые граниты (рис. 5) алахинского типа (Кудрин и др., 1994; Анникова и др., 2016). ***Сделанная, казалось бы, терминологическая поправка «гранит, а не пегматит» имеет научные и прогнозные следствия.*** В общенаучном смысле важно то, что решается проблема материнских гранитов, снимаются возражения против пегматитового статуса «альбит-сподуменовых пегматитов», занимающих в истории магматизма самостоятельный, но не пегматитовый (Загорский и др., 2014), а сподумен-редкометалльно-гранитовый этап, завершающийся формированием своих — истинных — комплексных пегматитов.

Прогнозные следствия основаны на том, что детальные документации позволили в ряде случаев установить несомненное залегание комплексных редкометалльных пегматитов в «головах» или в висячих боках подводящих даек «альбит-сподуменовых пегматитов», т. е. на самом деле редкометалльных сподуменовых гранитов. Это показано на примере Завитинского месторождения (миниатюрные тела комплексных пегматитов — жилы Полиминеральная, Псевдокунцитовая, Петалитовая и др.). На месторождении Шукбюль (Тува) задокументирована локализация тела комплексных редкометалльных пегматитов (с поллуцитом) в верхнем раздуде смыкающихся даек пегматоидных сподуменовых гранитов (Кузнецова, Шокальский, 2011). То же самое наблюдается и на пегматитовых полях Аргентины: комплексные редкометалльные Та-пегматитовые руды с гигантскими кристаллами сподумена (Сан-Луис-2) поверх Li-рудных даек микроклин-альбитовых гранитов с маленькими «досочками» сподумена (Сан-Луис-1) (Galliski et al., 2019, p. 432, 434, fig. 9, c).

«Внутри-сподумен-гранитовые», истинно пегматитовые тела (комплексные редкометалльные пегматиты) наглядно видны на месторождении Васин Мыльк в Вороньей Тундре на Кольском полуострове. Здесь известно поле, где наряду с преобладающими дайками (1—1.3 км, мощность до 15 м) сподуменовых гранитов («альбит-сподуменовых пегматитов»), отличающихся отсутствием зональности, в их «головах» присутствуют неотрывные от них жилы (длина не более 350 м, мощность от 3 до 14 м) комплексных редкометалльных пегматитов с четким зональным строением. Внешняя зона, субстрат которой является сподуменовой рудой (с колумбитом и бериллом), сложена тем же агрегатом, что и дайки сподуменовых гранитов, промежуточная — безрудной блоковой калишпатовой пегматитовой породой. Внутреннее ядро содержит наряду с блоками кварца крупные кристаллы сподумена, а также скопления крупных индивидов танталита, микролита, поллуцита, петалита, амблигонита, лепидолита, то есть это комплексные редкометалльные руды (Мелентьев, 2016). Охарактеризованные особенности пегматитов Вороньей Тундры не могут не привлечь внимание к тексту в книге (Гранитные пегматиты, 1997, с. 126—127). По поводу известнейшего австралийского танталового месторождения там сказано следующее: «Зональность тел необычна и вообще уникальна, поскольку литиевые зоны, которые должны кристаллизоваться последними и располагаться в центре, в пегматитовых телах поля Гринбушес находятся нередко в лежачей и висячей приконтактных частях». Оставляя в стороне компетентность авторов этих строк, фиксируем совпадение обстановок Вороньей Тундры и Гринбушес и фактически прогнозируем скрытое литиевое месторождение, представленное подводящими дайками сподуменовых гранитов, образующими также внешние — гранитовые — зоны известных танталовых комплексных редкометалльных пегматитовых тел.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В некоторых пегматитоносных ареалах в конце формирования среднебарических стресс-гранитоидных серий, после позднего лейкогранитного комплекса в ряде случаев возникают самостоятельные комплексы сподуменосодержащих редкометалльных (с танталониобатами) микроклин-альбитовых гранитов, обычно представленных протяженными дайками, суммарный объем которых соизмерим с объемом малых интрузий (Бескин, Марин, 2017). Наиболее известными литиевыми месторождениями этого вида являются Кингс-Маунтин (США), Завитинское, Гольцовое, Колмозеро, Полмос-Тундровое и Тастыгское (Россия). Запасы лития в месторождениях данного типа достигают миллионов тонн.

Можно предполагать, что под крупными комплексными (Ta, Cs, Rb, Li, Be, Sn) пегматитовыми месторождениями, такими как Коктогай (Китай), Берник Лейк (Канада), Бикита (Зимбабве), Карибид (Намибия), Варутреск (Швеция), Вишняковское (Россия), может залегать свита даек сподуменосодержащих редкометалльных гранитов (т. е. самостоятельное месторождение лития), которые принято называть «альбит-сподуменовыми пегматитами». Это задокументировано на крупнейшем комплексном редкометалльном, в первую очередь — танталовом, пегматитовом месторождении Гринбушес (Австралия), под которым (в структурно-геологическом смысле) обнаружено и оконтурено самостоятельное промышленное литиевое сподуменовое месторождение, ны-

не дающее 60 % сподуменового концентрата мира (Наумов, 2016). Подобное зафиксировано и на Вишняковском комплексном, прежде всего танталовом, пегматитовом месторождении, где отдельными скважинами подсечены подводящие дайки «мелкозернистых пегматитов с горошковидным кварцем», часто насыщенные сподуменом: кондиционные литиевые руды (Быховский, Потанин, 2009, с. 77). Но это — скрытое литиевое — месторождение пока не оконтурено.

Сказанное входит в противоречие с признанными классификациями (Власов, 1961; Солодов, 1962; и др.), согласно которым сподумен-альбитовые дайки из-за их насыщенности сподуменом (иногда и петалитом) считаются конечными дифференциатами редкометалльного пегматитогенеза. Хотя тех же авторов удивляет, что в этих дайках нет пегматитовой зональности и несомненных индикаторов такой дифференциации: нет поллуцита, цветных турмалинов, кунцита, воробьевита, лепидолита, высокотанталистых танталатов. Напротив, задокументированный в работах Н. А. Солодова (1962) и Г. Б. Мелентьева (2016) «переход» с глубиной комплексных редкометалльных пегматитов в альбит-сподуменовые служит несомненным геологическим свидетельством того, что комплексные пегматиты являются дифференциатами подводящих даек материнских для них микроклин-альбитовых или альбитовых редкометалльных гранитов (обычно со сподуменом), в том числе часто — сподуменовых гранитов, являющихся литиевыми рудами.

#### Список литературы

- Анникова И. Ю., Владимиров А. Г., Смирнов С. З., Гаврюшкина О. А. Геология и минералогия Алахинского месторождения сподуменовых гранит-порфиров (Горный Алтай, Россия) // Геол. рудн. месторожд. **2016**. № 5. С. 451—475.
- Бескин С. М., Банцекин В. А. Многофазная модель формирования редкометалльных гранитных пегматитов / Минералогия и генезис пегматитов. Т. 1. Миасс: Ин-т минералогии УрО АН СССР, **1991**. С. 104—106.
- Бескин С. М., Ларин В. Н., Марин Ю. Б. Редкометалльные гранитовые формации. Л.: Недра, **1979**. 280 с.
- Бескин С. М., Марин Ю. Б. О полигенности редкометалльной минерализации в гранитовых рудно-магматических системах // ЗВМО. **1998**. № 2. С. 41—56.
- Бескин С. М., Марин Ю. Б. О классификации гранитных пегматитов и пегматитоносных гранитовых систем // ЗРМО. **2017**. № 6. С. 1—17.
- Бескин С. М., Марин Ю. Б., Матиас В. В., Гаврилова С. П. Так что же такое «редкометалльный гранит»? // ЗВМО. **1999**. № 6. С. 28—40.
- Бескин С. М., Шмакин Б. М. Альбит-сподуменовые пегматиты как разновидность редкометалльных гранитов // ДАН СССР. **1980**. Т. 252. № 3. С. 684—687.
- Быховский Л. З., Потанин С. Д. Геолого-промышленные типы редкометалльных месторождений. М.: ВИМС, **2009**. 157 с.
- Владимиров А. Г., Каргаполов С. А., Руднев С. Н. Два типа синметаморфических гранитов в коллизионных обстановках // Докл. РАН. **1996**. Т. 348. № 1. С. 85—88.
- Власов К. А. Тектурно-парагенетическая классификация гранитных пегматитов // Изв. АН СССР. Серия геол. **1952**. № 2. С. 30—35.
- Власов К. А. Принципы классификации гранитных пегматитов и их тектурно-парагенетические типы // Изв. АН СССР. Серия геол. **1961**. № 1. С. 30—35.
- Гинзбург А. И., Тимофеев И. Н., Фельдман Л. Г. Основы геологии гранитных пегматитов. М.: Недра, **1979**. 296 с.
- Гордиенко В. В. Гранитные пегматиты. СПб.: Санкт-Петербургский ун-т, **1996**. 272 с.
- Гранитные пегматиты. Т. 2. Редкометалльные пегматиты. Новосибирск: Наука, **1997**. 286 с.
- Загорский В. Е., Владимиров А. Г., Макагон В. М., Кузнецова Л. Г., Смирнов С. З., Дьячков Б. А., Анникова И. Ю., Шокальский С. П., Уваров А. Н. Крупные поля сподуменовых пегма-

титов в обстановках рифтогенеза и постколлизийных сдвигово-раздвиговых деформаций континентальной литосферы // Геология и геофизика. **2014**. № 2. С. 303—322.

Заторский В. Е., Кузнецова Л. Г. Геохимия сподуменовых пегматитов и щелочно-редкометалльных метасоматитов. Новосибирск: Наука, **1990**. 140 с.

Кузнецова Л. Г., Шокальский С. П., Сергеев С. А. Возраст, состав и геодинамические условия формирования гранитов и богатых литием редкометалльных пегматитов Хусуингольского поля (Сангиленское нагорье) // Докл. РАН. **2018**. Т. 482. № 4. С. 439—443.

Кузнецова Л. Г., Шокальский С. П. Месторождения лития в редкометалльных пегматитах Республики Тыва // Материалы Всероссийского научно-практического совещания «Литий России». Новосибирск: Изд-во СО РАН, **2011**. С. 65—70.

Кудрин В. С., Ставров О. Д., Шурига Т. Н. Новый сподуменовый тип танталоносных редкометалльных гранитов // Петрология. **1994**. № 1. С. 88—95.

Лишневский Э. Н. Геолого-геофизическая характеристика олово- и молибденоносных рудообразующих систем // Геол. рудн. месторожд. **1991**. № 5. С. 55—68.

Мелентьев Г. Б. Литиевый потенциал России // Редкие земли. **2016**. № 2. С. 150—163.

Наумов А. В. Литий: сверхвозможности суперметалла // Редкие земли. **2016**. № 2. С. 140—149.

Объемное геологическое картирование редкометалльных рудных районов. Л.: Недра, **1981**. 303 с.

Принципы расчленения и картирования гранитоидных интрузий и выделения петролого-металлогенических вариантов гранитоидных серий. СПб.: ВСЕГЕИ, **2007**. 80 с.

Солодов Н. А. Внутреннее строение и геохимия редкометалльных гранитных пегматитов. М.: Изд. АН СССР, **1962**. 234 с.

Ферсман А. Е. Пегматиты. **1940**. Избранные труды. Т. 6. М.: Изд. АН СССР, **1960**. 742 с.

## References

Annikova I. Yu., Vladimirov A. G., Smirnov S. Z., Gavryushkin O. A. Geology and mineralogy of the Alakha spodumene granite porphyry deposit, Gorny Altai, Russia. *Geol. Ore Deposits*. **2016**. Vol. 58. N. 5. P. 404—426.

Beskin S. M., Banzekin V. A. Multiphase model of formation of rare-metal granite pegmatites. Mineralogy and genesis of pegmatites. Vol. 1. Miass: Institute of Mineralogy, Urals branch USSR Acad. Sci., **1991**. P. 104—106 (in Russian).

Beskin S. M., Larin V. N., Marin Yu. B. Rare-metal granite formations. Leningrad: Nedra, **1979**. 280 p. (in Russian).

Beskin S. M., Marin Yu. B. On the polygenetic nature of rare-metal mineralization in granite ore magmatic systems. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1998**. N. 2. P. 41—54 (in Russian).

Beskin S. M., Marin Yu. B. Classification of granitic pegmatites and pegmatite-bearing granitic systems. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2017**. N. 6. P. 1—17 (in Russian, English translation: *Geol. Ore Deposits*. **2018**. Vol. 69. P. 578—586).

Beskin S. M., Marin Y. B., Matias V. V., Gavrilova S. P. So, what is «rare metal granite»? *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1999**. N. 6. P. 28—40 (in Russian).

Beskin S. M., Shmakin B. M. Albit-spodumene pegmatites as a kind of rare-metal granites. *Doklady USSR Acad. Sci*. **1980**. Vol. 252. N. 3. P. 684—687 (in Russian).

Brandley D., Chea E., Buchwald T. R., Bowring S., Benowitz J., O'Sullivan P., Mccauley A. Geochronologic and tectonic context of Li—Cs—Ta pegmatites in the Appalachiaes. *Canad. Miner*. **2016**. Vol. 54. P. 945—969.

Bykhovskiy L. Z., Potanin S. D. Geological and industrial types of rare-metal deposits. Moscow: VIMS, **2009**. 157 p. (in Russian).

Černý, P., Ercit T. S. The classification of granitic pegmatites revisited. *Canad. Miner*. **2005**. Vol. 43. P. 2005—2026.

Fersman A. E. Pegmatites. **1940**. Selected works, Vol. 6. Moscow: USSR Acad. Sci., **1960**. 742 p. (in Russian).

Galliski M. Á., Márquez-Zavalía M. F., Pagano D. S. Metallogenesis of the Totoral LCT rare-element pegmatite district, San Luis, Argentina: A review. *J. South Amer. Earth Sci*. **2019**. Vol. 90. P. 423—439.

Ginzburg A. I., Timofeev I. N., Feldman L. G. The elements of the granite pegmatites geology. Moscow: Nedra, **1979**. 296 p. (in Russian).

Gordienko V. V. Granite pegmatites. Saint Petersburg: St. Petersburg State University, **1996**. 272 p. (in Russian).

*Granite pegmatites*. Vol. 2. Rare-metal pegmatites. Novosibirsk: Nauka, **1997**. 286 p. (in Russian).

- Hanson S. L. A tectonic evaluation of pegmatite Parent granites. *Canad. Miner.* **2016**. Vol. 54. P. 917—933.
- Kudrin V. S., Stavrov O. D., Shuriga T. N. New spodumene type of tantalum-bearing rare-metal granites. *Petrology*. **1994**. N. 1. P. 88—95 (*in Russian*).
- Kuznetsova L. G., Shokalsky S. P. Deposits of lithium in rare metal pegmatites of the Republic of Tyva. Materials of the all-Russian scientific and practical meeting: «Lithium of Russia». Novosibirsk: Publishing house of SB RAS, **2011**. P. 65—70 (*in Russian*).
- Kuznetsova L. G., Shokalsky S. P., Sergeev S. A. Age, composition and geodynamic environment of formation of granites and lithium-rich rare-element pegmatites of the Khusuingol Field (Sangilen highlands). *Doklady Earth Sci.* **2018**. Vol. 482. P. 1306—1311.
- Lishnevsky E. N. Geological and geophysical characteristics of tin- and molybdenum-bearing ore-forming systems. *Geol. Ore Deposits*. **1991**. N. 5. P. 55—68 (*in Russian*).
- Melentyev G. B. Lithium potential of Russia. *Rare earths*. **2016**. N. 2. P. 150—163 (*in Russian*).
- Naumov A. V. Li: the super of super metal. *Rare earths*. **2016**. N. 2. P. 140—149 (*in Russian*).
- Volume of geological mapping of rare-metal ore districts. Leningrad: Nedra, **1981**. 303 p. (*in Russian*).
- Solodov N. A. Internal structure and geochemistry of rare-earth granite pegmatites. Moscow: USSR Acad. Sci., **1962**. 234 p. (*in Russian*).
- The concept of splitting and mapping of granitoid intrusions and identification of petrological and metallogenic types of granitoid series. Saint Petersburg: VSEGEI, **2007**. 80 p. (*in Russian*).
- Vlasov K. A. Textural and paragenetic classification of granitic pegmatites. *Proc. Akad. Sci. USSR. Ser. Geol.* **1952**. N 2. P. 30—35 (*in Russian*).
- Vlasov K. A. Principle of the granitic pegmatites classification and their textural and paragenetic types. *Proc. Akad. Sci. USSR. Ser. Geol.* **1961**. N 1. P. 30—35 (*in Russian*).
- Zagorsky V. E., Kuznetsova L. G. Geochemistry of spodumene pegmatites and alkaline-rare metal metasomatites. Novosibirsk: Nauka, **1990**. 140 p. (*in Russian*).
- Zagorsky V. E., Vladimirov A. G., Makagon V. M., Kuznetsova L. G., Smirnov S. Z., Dyachkov B. A., Annikova I. Yu., Shokalsky S. P., Uvarov A. N. Large fields of spodumene pegmatites in the settings of rifting and postcollisional shear—pull-apart dislocations of continental lithosphere. *Russian Geol. Geophys.* **2014**. N. 2. P. 237—251.

Поступила в редакцию  
6 мая 2019 г.