

М.А.ИВАНОВ, *д-р геол.-мин. наук, профессор, ivan@spmi.ru*
А.П.СИМАКОВ, *канд. геол.-мин. наук, научный сотрудник, simakov@spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.A.IVANOV, *Dr. in geol. sc., professor, ivan@spmi.ru*
A.P.SIMAKOV, *PhD in geol. & min. sc., research fellow, simakov@spmi.ru*
National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg

ИРИЗАЦИЯ ПЛАГИОКЛАЗОВ КАК МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК ПЕГМАТИТОВ, СОДЕРЖАЩИХ КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МУСКОВИТ (СЕВЕРО-БАЙКАЛЬСКАЯ МУСКОВИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ)

Геологические и минералогические исследования, проведенные с применением сканирующей зондовой электронной микроскопии, показали, что в плагиоклазах пегматитов Северо-Байкальской мусковитовой провинции средняя толщина перистеритовых пластин возрастает от ранних графических к поздним блоковым и пегматоидным структурным зонам пегматитовых жил. Она (толщина) достигает максимальных значений в пегматитах пегматоидной структуры, содержащих крупнокристаллический мусковит. Данная закономерность может быть использована при разработке минералогических критериев оценки продуктивности пегматитовых жил на крупноразмерное мусковитовое сырье.

Ключевые слова: мусковитовые пегматиты, иризирующие плагиоклазы, перистериты, Северо-Байкальское нагорье.

PLAGIOCLASE'S IRIDESCENT AS MINERALOGICAL SIGN OF PEGMATITES WITH LARGE-CRYSTALLINE MUSCOVITE (NORTH BAIKAL MUSCOVITE PROVINCE)

Geological and mineralogical research were conducted by the scanning probe microscopy and showed that in plagioclase pegmatites of North Baikal muscovite province the average thickness of the peristerites increases from early graphic zones to late trochlear zones and pegmatoid zones of pegmatite veins. The thickness reaches a maximum in the pegmatites of pegmatoid structure which contain large-crystalline muscovite. This regularity can be used for development mineralogical criteria for evaluation of pegmatite veins productivity at the large size muscovite source.

Keywords: muscovite pegmatite, iridescent plagioclases, peristerites, North Baikal highlands.

Иризирующие плагиоклазы (альбит-олигоклазы), как известно, характерны для многих жил мусковитовых пегматитов Северной Карелии. Такие плагиоклазы добывались попутно с мусковитом при разработке некоторых пегматитовых жил Чупинского, Слюдяноборского, Хетоламбинского и других месторождений. Особенно знаменита такими плагиоклазами жила «Медведка Южная» близ Чупы.

Так почему же для пегматитовых жил Северо-Байкальской мусковитовой провин-

ции, образовавшихся в сходной с карельскими геологической обстановке, при значительном сходстве условий залегания, минералогического состава, геохимических и других особенностей, типичных для пегматитов мусковитовой формации, иризация плагиоклазов не характерна?

Этот и другие вопросы заставляют задуматься о значении самого явления иризации как типоморфного признака полевых шпатов промышленно ценных мусковитовых пегматитов. Исследования последних

лет показали, что иризирующие плагиоклазы, особенности перистеритового строения которых раскрываются на микро и нано-уровне, являются вполне перспективными объектами в этом отношении.

Плагиоклазы с голубой и желтой иризацией в Северо-Байкальской провинции были обнаружены М.А.Ивановым в 70-80-е гг. в ряде промышленных слюдоносных жилах плагиоклаз-калишпатового состава (пегматиты II возрастной группы): в жилах № 2 гольца Решающего, рудника Горно-Чуйский; № 5 гольца Рудничного, № 69 гольца Резервного, рудника Большого Северного, № 24 гольца Березового, рудника Луговского. Пегматиты этих жил в местах обнаружения иризирующих плагиоклазов характеризуются отчетливо проявленной зональностью в расположении зон графической и пегматоидной структуры с обособленным кварцевыми ядрами. В таких пегматитах номер плагиоклаза пегматоидных зон понижается до An_{12-18} . Размеры кристаллов иризирующих плагиоклазов не превышают 50 см, в то время как индивиды калиево-натриевого полевого шпата достигают 5-10 м. Для плагиоклазов характерен белый цвет и признаки расщепления, возникшие в процессе роста индивидов.

В графических зонах таких пегматитовых жил плагиоклазы не иризируют. В зонах пегматоидной структуры иризация наблюдается в плагиоклазах, непосредственно контактирующих с кварцевым ядром, и проявлена зонально: внутри индивидов (An_{17-18}) – бледно-голубая, в краевой зоне роста, имеющей более кислый состав (An_{13-16}) – желтовато-голубая и желтая.

Следует отметить, что такое же направленное изменение цвета иризации плагиоклаза пегматоидных зон наблюдается и в мусковитовых пегматитах Северной Карелии.

Согласно интерференционной модели иризации и результатам экспериментального определения параметров перистеритов иризирующих плагиоклазов методом сканирующей зондовой электронной микроскопии (СЗМ) [3, 6, 7], перистеритовая структура плагиоклазов Северо-Байкальского нагорья меняется от ранних к более поздним зонам

роста кристаллов как по характеру переслаивания пластин, так и по величине периода идентичности перистеритовой решетки.

Указанное изменение характера переслаивания перистеритовых пластин и периода идентичности их пакетов, по-видимому, обусловлено изменением соотношений размеров пластин разного состава. С повышением альбитовой составляющей в краевой зоне роста индивидов плагиоклаза соотношение объемов существенно кислых (An_2) и более основных (An_{25}) перистеритовых пластин может меняться в пользу первых. Следовательно, толщина пластин состава An_2 может тоже возрасти.

Анализ и обобщение результатов полевых геолого-минералогических исследований, проведенных сотрудниками Ленинградского горного института (ныне Санкт-Петербургский государственный горный университет) М.А.Ивановым, В.А.Романовым, В.Н.Моховым, М.Н.Мурашко, Д.Т.Сосиным на всей территории Северо-Байкальской мусковитовой провинции, показывают, что среди сотен разведанных и эксплуатировавшихся пегматитовых жил иризирующие плагиоклазы обнаруживаются в блоковых и пегматоидных зонах только тех жил, которые относятся к уникальным и крупным по запасам и содержанию крупно- и гигантокристаллического мусковита. Это жилы плагиоклаз-калишпатового состава (II-й возрастной группы) с содержанием мусковита I группы (размер кристаллов 10×10 см и более) до 100-150 кг/т и более.

С целью определения особенностей перистеритового строения плагиоклазов в ряду пегматитов с разной продуктивностью на крупнокристаллический мусковит были исследованы 14 проб иризирующего и не-иризирующего плагиоклаза методом (СЗМ) [7]. Выборка проб была сформирована из образцов плагиоклаза, отобранных М.А.Ивановым, М.Н.Мурашко и Д.Т.Сосиным в процессе полевых исследований мамских пегматитов из числа наиболее типичных и представительных объектов провинции – слюдоносных пегматитовых жил, хорошо изученных геологически и промышленно освоенных.

Результаты определения параметров перистеритов в пробах плагиоклаза ряда слюдоносных объектов (значительных и менее значительных по запасам и выходу крупноразмерного мусковита) подтверждают тенденцию, ранее выявленную в процессе полевых исследований: период идентичности перистеритовых структур в плагиоклазе достигает максимальных размеров в пегматитах блоковой и пегматоидной структур тех жил, которые по результатам эксплуатации характеризуются высокими показателями содержания крупноразмерного мусковита:

Жила № 5, г.Рудничный (рудник Большой Северный) – добыто более 8000 т слюды с содержанием I + II группы промсырца 31,5 % (в пегматоидной зоне иризация плагиоклаза бледно-желто-голубая, установлено сочетание перистеритовых пластин разного размера: 5-10 и 200-300 нм; в графической зоне плагиоклаз не иризирует);

Жила № 24, г.Березовый (рудник Луговка) – добыто более 4000 т слюды с содержанием I + II группы промсырца около 33,9 % (в блоковой и пегматоидной зонах иризация плагиоклаза бледно-голубая, установлено сочетание перистеритовых пластин разного размера: 10-22 и 400-600 нм; в графической зоне плагиоклаз не иризирует);

Жила № 2, г.Решающий (рудник Горно-Чуйский) – добыто более 3000 т слюды с содержанием I+II группы промсырца около 29,0 % (в пегматоидной зоне иризация плагиоклаза бледно-голубая, в графической зоне плагиоклаз не иризирует);

Жила № 65, г.Резервный (рудник Большой Северный) – центральная часть слюдоносной зоны, выход I + II группы промсырца около 12 % (в пегматоидной зоне иризация плагиоклаза голубая, определена толщина перистеритовых пластин 65-80 нм; в графической зоне плагиоклаз не иризирует).

В жилах с низкой продуктивностью на крупноразмерный мусковит перистеритовые структуры в плагиоклазе блоковой и пегматоидной зон в одних случаях не выявлены методом СЗМ (слюдоносные зоны с мелко-размерной слюдой на участках жил № 65 и 155, г.Резервный, рудник Большой Северный

и др.), в других – выявлены с перистеритовыми пластинами толщиной около 30 нм (жила № 273, г.Перевал, рудник Колотовка).

В пегматитах плагиоклазового состава (I возрастная группа) повышенные значения параметров толщины перистеритов также выявлены в крупных промышленных жилах. Так, в уникальной по запасам слюды заявке № 4 (голец Снежный, рудник Луговка – добыто 16672 т, выход крупной слюды 24,8 %) плагиоклаз не иризирует, в блоковой зоне пегматита толщина перистеритовых пластин варьирует в пределах 120-150 нм. В жиле № 422 (голец Комсомольский, рудник Горно-Чуйский – добыто более 9000 т, выход крупной слюды весьма низкий) плагиоклаз также не иризирует, но в блоковой зоне пегматита плагиоклаз характеризуется перистеритовыми пластинами 55-60 нм. В плагиоклазовой жиле № 68 (г.Пеледуй, рудник Колотовка), менее значительной по запасам слюды и практически не содержащей крупнокристаллический мусковит, перистеритовые структуры в плагиоклазе не выявлены.

Плагиоклазы из жил I возрастной группы, характеризующиеся параметрами перистеритовых пластин, значения которых заключены в пределах 55-150 нм, не обладают иризациями, по-видимому, из-за слабо выраженной периодичности перистеритовой решетки. Такое строение может быть результатом перекристаллизации (сегрегации) перистеритовых пластин, синхронной с теми преобразованиями минералов плагиоклазовых пегматитов (деформациями, метасоматическими замещениями), которые относятся к периоду образования пегматитов II возрастной группы и отчетливо фиксируются в жилах плагиоклазовых пегматитов многими исследователями [2, 9].

Все эти данные следует рассматривать с учетом того, что Северо-Байкальская провинция объединяет десятки тысяч пегматитовых тел, среди которых более тысячи представляют практический интерес как источники мусковитового сырья. Разнообразие их форм, минерального состава, внутреннего строения, линейных параметров весьма велико и описывается с позиций разных

представлений о формах контроля различными геологическими факторами и генезиса самих пегматитов. Поэтому сравнительно небольшой объем фактического материала, который представлен в данной работе в качестве характеристики перистеритового строения плагиоклаза мамских пегматитов, позволяет выявить лишь тенденцию изменения параметров перистеритов в ряду пегматитовых жил с разной промышленной ценностью. Очевидно, что тем самым намечен перспективный путь для дальнейших исследований в этом направлении.

Имеющийся материал, тем не менее, позволяет отметить вполне определенную геологическую позицию пегматитов, в которых обнаружены иризирующие плагиоклазы и отмечены пробы этого минерала с максимальными параметрами перистеритов (II возрастная группа пегматитов). Так, рассматривая эти объекты с позиций фациального анализа пегматитов, разработанного М.А.Ивановым [2], все они находятся в зонах развития продуктивных на мусковит метаморфо- и литофаций (соответственно, мусковитовой и глиноземистой) и относятся к пегматитам тектонофации растяжения, которым свойственны крупноразмерные слюды. Иризирующие плагиоклазы и плагиоклазы с высокими значениями параметров перистеритовой структуры являются еще одной специфической чертой продуктивной фации пегматитов, дополняющей перечень ее минералогических особенностей [4].

Также следует отметить и вполне определенную позицию пегматитов с иризирующими плагиоклазами в морфогенетической (морфопромышленной) классификации, разработанной В.Н.Чесноковым и А.П.Кочневым [10], в основу которой положены представления о том, что морфология и продуктивность пегматитов определяется их генетическим типом, структурными условиями залегания и механизмом образования пегматитовмещающих полостей.

Всего этой классификацией охвачено 30 морфологических разновидностей слюдоносных пегматитовых тел. Пегматиты с иризирующим плагиоклазом и максимальными значениями перистеритов относятся

только к трем из них, к классу «Д» (плагиоклаз-калишпатовые дифференцированные высокопродуктивные пегматиты этапа региональных послынных левосторонних сдвиговых дислокаций и субсогласных разрывных нарушений и внутрипластовых сбросо-сдвигов). Выявленная тенденция изменения параметров перистеритов плагиоклаза в ряду слюдоносных жил разной продуктивности не противоречит данной классификации, которая до недавнего времени широко применялась в геологоразведочной практике и в настоящее время используется сотрудниками ВИМС при переоценке пегматитов провинции.

Отмеченная выше тенденция вполне согласуется так же с современными представлениями о причинах разного структурного состояния плагиоклаза в пегматитах. Есть основания полагать, что особенности состава и структурного состояния полевых шпатов в мусковитовых пегматитах определяются теми же физико-химическими факторами, что и образование крупнокристаллического мусковита, в первую очередь активностью водородных ионов в минералообразующей среде [1, 8].

В результате моделирования пегматитового процесса (независимо от трактовки механизма заполнения пространства минеральным веществом и способа образования минералов) установлено, что максимальное насыщение водой пегматитовой системы наступает на поздних этапах кристаллизации главных пороодообразующих минералов – полевых шпатов и кварца [1, 8]. Остаточные расплавы и растворы обедняются пирогенными элементами, к числу которых относится кальций. Это приводит к понижению насыщенности плагиоклаза на заключительном этапе его кристаллизации в пегматитах пегматоидной структуры. Каталитическое действие водородных ионов способствует процессу структурной упорядоченности в полевых шпатах и поэтому структурное состояние плагиоклаза может рассматриваться как косвенный признак водонасыщенности системы и служить критерием для оценки потенциальной продуктивности жил мусковитовых пегматитов.

Этот вывод, обоснованный О.Г.Сметанниковой и В.В.Гордиенко в результате проведения значительного объема минералогических исследований, лег в основу разработки метода оценки продуктивности пегматитов карельского региона по уровню структурной упорядоченности плагиоклаза. Он (вывод) может служить теоретической основой для такой же трактовки выявленной тенденции в распределении плагиоклаза с разными параметрами перистеритовой структуры и ее использовании в качестве одного из оценочных минералогических критериев слюдоносности мамских пегматитов.

Известно, что процессы распада твердого раствора в полевых шпатах тесно взаимосвязаны с упорядочением их структуры и двойникованием и происходят одновременно. Естественно предположить, что высокий потенциал водородных ионов в пегматитовой системе, создавший условия для образования значительных масс крупнокристаллического мусковита, способствовал так же образованию совершенных по своему строению и крупнопластинчатых перистеритовых структур плагиоклаза.

Определенный вклад в создание крупнопластинчатых перистеритовых структур могли вносить процессы преобразования (метаморфизма) кристаллов плагиоклаза, развитию которых также могла способствовать повышенная водонасыщенность среды в слюдоносных зонах пегматитовых тел. В таких зонах процессы преобразования минеральных фаз, образовавшихся в процессе распада твердых растворов, исключительно ярко проявлены в микроклине в виде образования сегрегационных макропертитов. Участки «реликтовые», с первичными пертитами распада в микроклине слюдоносных пегматитовых зон отсутствуют [2, 5].

Естественно предположить, что в таких же условиях и в плагиоклазе, парагенетически связанном со щелочным полевым шпатом, развивались процессы преобразования структур распада, возникали перистериты сегрегационного типа, благодаря которым плагиоклазы приобретали способность к иризации [3].

Вполне вероятно, что именно причины такого рода повлияли на различия мускови-

товых пегматитов Северо-Байкальского нагорья и Северной Карелии в отношении распространенности иризирующих плагиоклазов. То, что иризирующие плагиоклазы (беломориты) характерны для многих слюдоносных жил Карелии, а на Северо-Байкальском нагорье встречаются лишь в отдельных и наиболее крупных и продуктивных на крупноразмерный мусковит пегматитовых жилах, может быть обусловлено более высокой степенью изменения (метаморфизма) минералов карельских пегматитов, в том числе и плагиоклаза. Не исключено, что также и как в калишпатах карельских пегматитов развиты исключительно сегрегационные пертиты, в плагиоклазе Карелии структуры распада представлены преимущественно перистеритами сегрегационного типа.

На данном этапе исследований важно принять во внимание следующее: в плагиоклазах пегматитов Северо-Байкальской мусковитовой провинции средняя толщина перистеритовых пластин возрастает от ранних графических к поздним блоковым и пегматоидным структурным зонам пегматитовых жил и достигает максимальных значений в пегматитах пегматоидной структуры, содержащих крупнокристаллический мусковит, что может быть использовано при разработке минералогических критериев оценки продуктивности пегматитовых жил региона на этот вид минерального сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордиенко В.В. Гранитные пегматиты (рудные формации, минералого-геохимические особенности, происхождение, поисково-оценочные критерии) СПб., 1996. 272 с.
2. Иванов М.А. Фации мусковитовых пегматитов Сибири (Северо-Байкальская и Восточно-Саянская провинции). СПб., 1999. 117 с.
3. Иванов М.А. Два генетических типа перистеритовых пластин в иризирующих плагиоклазах / М.А. Иванов А.П. Симаков // Записки Горного института. СПб, 2011 Т. 189. С.30-33.
4. Крамаренко Н.К. Фазовый состав, пластинчатое строение и иризация плагиоклазов. Киев, 1975. 108 с.
5. Руденко С.А. Метаморфизм минералов – важное явление в истории их формирования / С.А.Руденко М.А.Иванов, В.А.Романов // Записки ВМО. 1978. Вып.6. С. 697-710.
6. Симаков А.П. Период перистеритовой решетки в лабрадорах и интерференционная модель иризации // Записки Горного института СПб, 2010. Т.186. С.38-40.

7. *Симаков А.П.* Иризация и особенности перистеритового строения плагиоклазов пегматитов Северо-Байкальской мусковитовой провинции: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2011. 20 с.

8. *Сметанникова О.Г.* Состав и структурное состояние кислых плагиоклазов как показатели мусковитовосности пегматитов / О.Г.Сметанникова, В.В.Гордиенко // Мусковитовые пегматиты СССР. Л., 1975. С.141-145.

9. *Сосин Д.Т., Руденко С.А., Иванов М.А.* Плагиоклазовые пегматиты Мамско-Чуйской слодоносной провинции. Иркутск, 1992. 143 с.

10. *Чесноков В.Н.* Морфогенетическая классификация слодоносных пегматитовых жил Мамской мусковитовой провинции / В.Н.Чесноков, А.П.Кочнев // Гранитные пегматиты: проблемы геологической теории и практики. М., 2008. С.127-140.

REFERENCES

1. *Gordienko V.V.* Granite pegmatites (ore formation, mineralogical and geochemical characteristics, origin, search and evaluation criteria) / Saint Petersburg, 1996. 272 p.

2. *Ivanov M.A.* Facies of muscovite pegmatites from Siberia (North Baikal and Eastern Sayan province) / Saint-Petersburg, 1999. 117 p.

3. *Ivanov M.A.* Two genetic types of peristerites in iridescent plagioclase / Ivanov M.A., Simakov A.P. // Notes of the Mining Institute. Saint-Petersburg, 2011. Vol.189. P.30-33.

4. *Kramarenko N.K.* Phase composition, lamellar structure and iridescent of plagioclases. Kiev, 1975. 108 p.

5. *Rudenko S.A.* Metamorphism of minerals an important phenomenon in the history of their formation / S.A.Rudenko, M.A.Ivanov, V.A.Romanov // Notes of RMS. 1978. Release 6. P.697-710.

6. *Simakov A.P.* Spacing of peristerite lattice in labradorites interferential model of iridescent // Notes of the Mining Institute. Saint-Petersburg, 2010. Vol.186. P.38-40.

7. *Simakov A.P.* Iridescence and features plagioclases peristerite structure of North Baikal province: PhD synopsis. Saint-Petersburg, 2011. 20 p.

8. *Smetannikova O.G.* The composition and structural state of acid plagioclases as indicators of pegmatites muscovite-bearing. / O.G.Smetannikova, V.V.Gordienko // Muscovite pegmatites of USSR. Leningrad, 1975. P.141-145.

9. *Sosin D.T., Rudenko S.A., Ivanov M.A.* Plagioclase pegmatites of the Mamsko-Chu'skaya mica-bearing province. Irkutsk, 1992. 143 p.

10. *Chesnokov V.N.* Morphogenetic classification of the mica-bearing pegmatite veins Mama's muscovite province / V.N.Chesnokov, A.P.Kochnev // Granitic pegmatites: problems of geological theory and practice. Moscow, 2008. P.127-140.