

Д. А. Машкин^{1, 2}, Е. В. Волкова¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

ПОВЕДЕНИЕ ПЕТРОГЕННЫХ И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ ШУМИЛОВСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ЦЕНТРАЛЬНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Аннотация

Расположенное в Центральном Забайкалье Шумиловское Sn-W месторождение локализовано в пределах рудно-магматической системы, характеризующейся сложным строением и большим разнообразием магматических и метасоматических пород. На основе аналитических исследований выявлены и охарактеризованы особенности изменения их вещественного состава и поведения петрогенных и редких элементов в процессе развития магматических и метасоматических процессов.

Ключевые слова:

гранит, вольфрам, олово, рудно-магматическая система, грейзен, редкие элементы.

D. A. Mashkin^{1, 2}, E. V. Volkova¹

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

² Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS, Saint Petersburg, Russia

BEHAVIOR OF PETROGENIC AND RARE ELEMENTS IN THE PROCESS OF EVOLUTION OF SHUMILOVKAYA ORE-MAGMATIC SYSTEM (CENTRAL TRANSBAIKALIA)

Abstract

Shumilovskaya Sn-W deposit, which is in Central Transbaikalia, is localized within ore-magmatic system, characterized by its difficultness and big difference in types of magmatic and metasomatic rocks. Based on analytical researches, we discovered and characterized the features of changes of rock composition and behavior of petrogenic and rare elements in process of magmatic and metasomatic processes.

Keywords:

granite, tungsten, tin, ore-magmatic system, greisen, rare elements.

Вольфрамовые и оловянные месторождения на территории Забайкалья связаны с гранитными комплексами мезозойского возраста: асакан-шумиловским (J₂₋₃) в Центральном и кукульбейским (J₃-K₁) в Восточном Забайкалье (Коваленко, 1977). Оба этих комплекса представлены лейкогранит-аляскитовой ассоциацией пород и присутствием двух геохимических типов редкометалльных плюмазитовых гранитов: «стандартного», с рядом дифференциатов от порфириовидных биотитовых до мусковит-альбитовых пород и с кварц-мусковитовыми грейзенами, и Li-F — с литиево-железистыми слюдами, часто с амазонитом и топазом. Взаимоотношения этих двух геохимических типов являются дискуссионными, однако чаще рассматриваются в качестве последовательных фаз единого комплекса.

Формы проявления вольфрамового и оловянного оруденения в пределах рудных узлов весьма разнообразны: крапленая и прожилковая минерализация непосредственно в гранитах, метасоматиты и грейзены в эндо- и экзоконтакте массивов и кварцевожилвные месторождения и рудопроявления в их ареале.

Расположенная в Центральном Забайкалье Шумиловская Sn-W рудно-магматическая система (РМС) приурочена к ядерной части гранито-гнейсового купола и включает в себя интрузивные породы асакан-шумиловского комплекса (J₂₋₃), метасоматиты по ним, комплекс дайковых тел гранит-порфиров и кварцевые жилы с вольфрамитом и касситеритом, что позволяет использовать ее для выявления закономерностей поведения редких и рудных элементов в процессе образования широкого спектра метасоматических пород и рудоносных грейзенов.

Историю формирования массива можно разделить на два этапа. С первым этапом связано внедрение средне-крупнозернистых биотитовых и лейкократовых гранитов Асакан-Шумиловского плутона в амфибол-биотитовые граниты (T₃-J₁) комплекса.

Второй этап отвечает внедрению в центральную часть купола средне-крупнозернистых гранитов мелкозернистых литий-фтористых гранитов с протолиитионитом и топазом, вскрытых скважинами на глубине 140–170 м и сопровождающихся на уровне современного эрозионного среза многочисленными дайками и апофизами гранит-порфиров, аплитов или, по мнению современных исследователей, онгонитов заключительного этапа (Абушкевич, 2008).

Следствием этого этапа является интенсивное развитие метасоматических процессов как по среднезернистым (ранним) гранитам, в результате которых образовались кварц-полевошпатовые метасоматиты и среднезернистые мусковит-кварцевого состава, часто с топазом, грейзены, так и по Li-F гранитам и их дайковой фации с образованием мелкозернистых грейзенов литиево-слюдисто-топаз-кварцевого состава.

Следует отметить, что образование метасоматитов и грейзенов по среднезернистым гранитам, вероятнее всего, начало происходить раньше, в результате отделения гидротермального флюида после их кристаллизации. Внедрение более флюидонасыщенных Li-F гранитов привело к преобразованию уже сформированных мусковит-кварцевых грейзенов — появлению в них топаза, при сохранении среднезернистой структуры и отсутствию Li-Fe слюд. С другой стороны, присутствие так называемых «аляскистов» — равномернозернистых двуслюдяных лейкогранитов исключительно на площади месторождения, т. е. в ареале купола Li-F гранитов, свидетельствует об исключительной роли последних в развитии метасоматических процессов. Кроме того, кварцевожильное Sn-W оруденение также приурочено к «области влияния» купола Li-F гранитов.

Изучение всего комплекса пород Шумиловской РМС было выполнено на основе их петрографического изучения в шлифах и аналитических исследований методами «мокрой» химии, фотометрии пламени, ионселективных электродов (Научно-исследовательский институт земной коры Санкт-Петербургского государственного университета (НИИЗК СПбГУ)), рентгено-спектрального флуоресцентного анализа (Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета (ИНоЗ СПбГУ)), масс-спектрометрического анализа с индуктивно-связанной плазмой (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского» (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)).

На этой основе исследований были выявлены и охарактеризованы особенности изменения их вещественного состава и поведения петрогенных и редких элементов в процессе развития магматических и метасоматических процессов.

1. Показано (рис. 1), что особенности состава равномернозернистых двуслюдяных лейкогранитов (так называемых аляскинтов) и даек гранит-порфиров позволяют считать первые метасоматически измененными порфиroidными биотитовыми гранитами, а вторые — производными купола протолитионитовых гранитов.

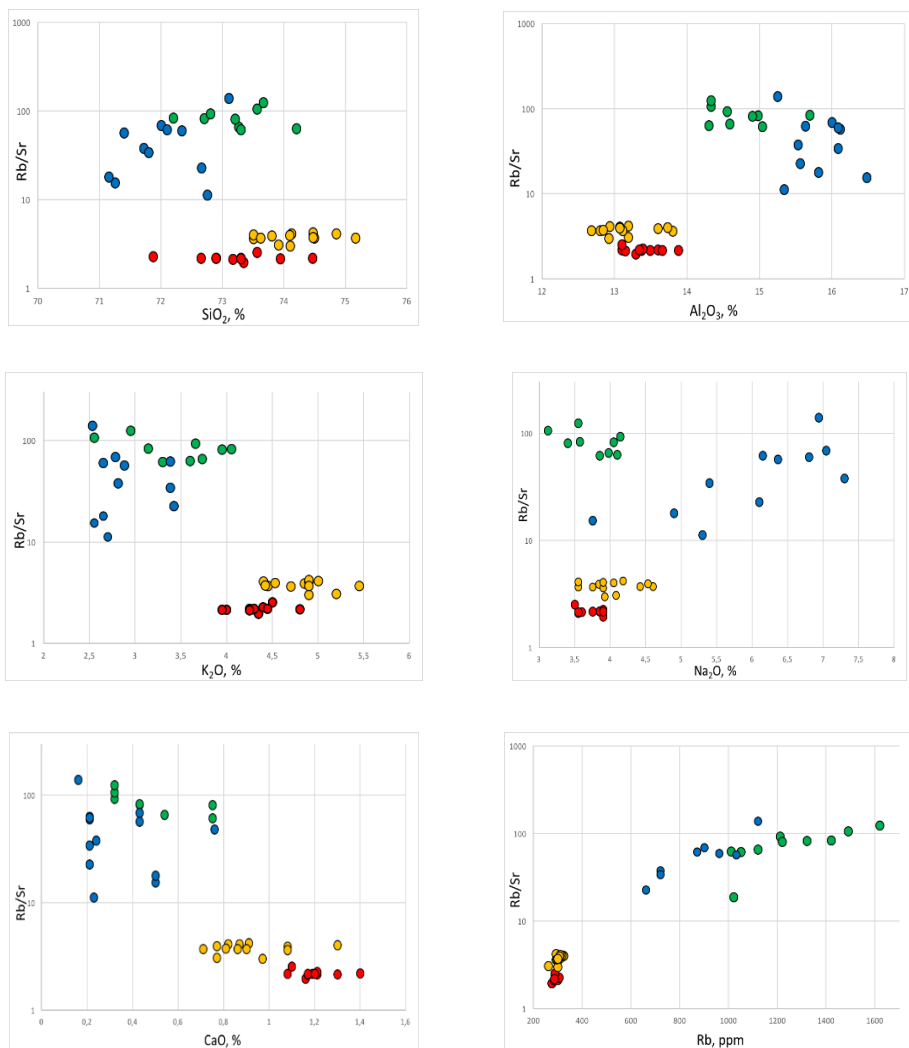


Рис. 1. Вариации содержаний петрогенных элементов в интрузивных породах Шумиловской РМС в зависимости от индекса дифференциации (Rb / Sr-отношение): красный кружок — биотитовые граниты, жёлтый кружок —

лейкограниты («аляскиты»), зелёный кружок — протолитионитовые граниты, синий кружок — гранит-порфиры, жёлтый треугольник — кварц-полевошпатовые метасоматиты, красный треугольник — среднезернистые грейзены, зелёный треугольник — мелкозернистые грейзены

Fig. 1. Composition variation of petrogenic elements in intrusive rocks of Shumilovka ore-magmatic system in dependence on index of differentiation (Rb / Sr ratio). Symbols: red circle — biotite granites; yellow circle — leicogranites; green circle — granites with protolitionite; blue circle — porphyre-granite; yellow triangle — quartz-feldspar metasomatic rock; red triangle — medium-grained gneisses; green triangle — fine-grained gneisses

2. Удобным индикатором оценки метасоматических преобразований является параметр $K / K + Na$, позволяющий оценивать степень развития грейзенового процесса. На диаграмме Rb / Sr — $K / K + Na$ (рис. 2) наблюдаются две ветви развития метасоматических процессов, приводящих к образованию разных типов грейзенов, для которых характерно постепенное накопление калия: первая ветвь 1 — от биотитовых гранитов (и «аляскитов» и метасоматитов по ним) к среднезернистым грейzenам; вторая ветвь 2 — от протолитионитовых гранитов и гранит-порфиров к мелкозернистым грейzenам. Для этой ветви развития характерно отсутствие промежуточных метасоматических фаций.

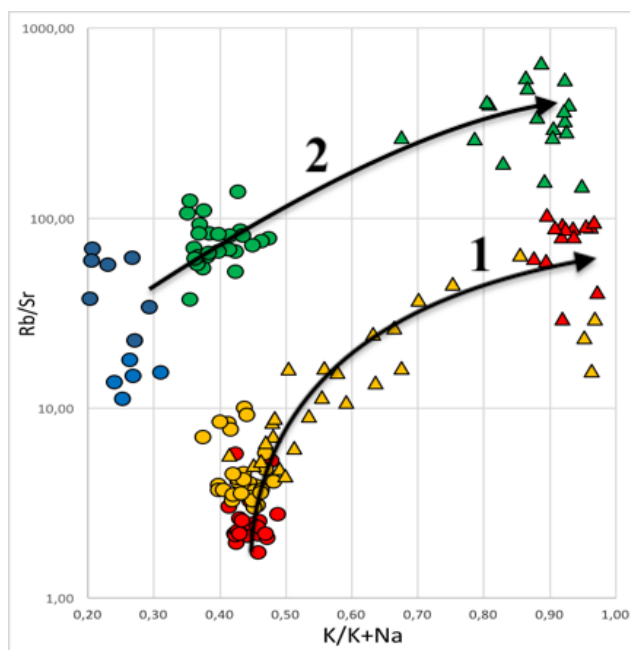


Рис. 2. Развитие метасоматических преобразований по среднезернистым биотитовым гранитам и мелкозернистым протолитионитовым гранитам.

Условные обозначения в подписи к рис. 1

Fig. 2. Evolution of metasomatic process through medium-grained biotite granites and fine-grained granites with protolitionite. Symbols: see Fig. 1

3. В процессе развития гидротермально-метасоматических процессов обогащение Li, Rb, Cs, Nb, Ta, Sn и Mo относительно исходных гранитов наиболее контрастно происходит в среднезернистых грейзенах (рис. 3). В мелкозернистых грейзенах обогащение этими элементами не так контрастно, и они даже несколько обеднены Ta и Nb относительно протолитионитовых гранитов. По степени накопления F и W мелко- и среднезернистые грейзены практически не различаются, что отчасти подтверждает представление о протолитионитовых гранитах как об источнике метасоматирующего флюида и W.

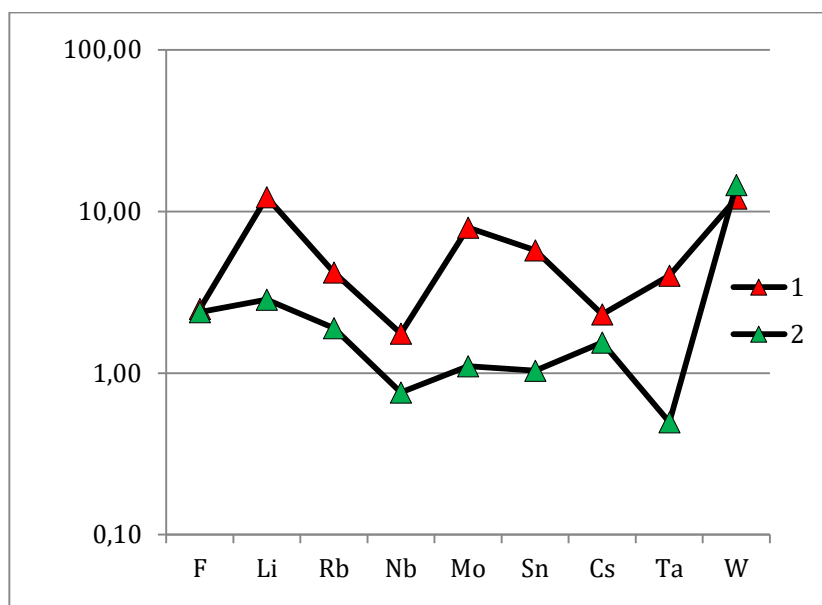


Рис. 3. Отношение концентраций редких элементов и фтора относительно исходных гранитов в среднезернистых (1) и мелкозернистых (2) грейзенах

Fig. 3. Ratio of concentration of rare elements and fluorine in medium-grained greisens (1) and fine-grained greisens (2) to their concentrations in the initial granites

4. Грейзены различаются уровнями концентрации рудных компонентов: для среднезернистых грейзенов характерны более высокие концентрации Sn (рис. 4, б), а для мелкозернистых грейзенов — W, Ta, Bi и Mo (рис. 4, а, в, г).

5. При развитии процесса грейзенизации по порфировидным биотитовым гранитам и лейкогранитам происходит уменьшение концентрации легких РЗЭ, при увеличении концентрации тяжелых РЗЭ и величины отрицательной Eu-аномалии (рис. 5). Процесс грейзенизации по мелкозернистым протолитионитовым гранитам, характеризующимся изначально значительной величиной Eu-аномалии ($Eu_{min} = 0,06$) и ярко выраженным тетрад-эффектом, в первой и третьей тетрадах также происходит с ростом величины Eu_{min} и уменьшением концентрации легких РЗЭ, однако при этом концентрация тяжелых РЗЭ также уменьшается, а тетрад-эффект становится более выраженным, особенно для первой тетрады (La–Nd).

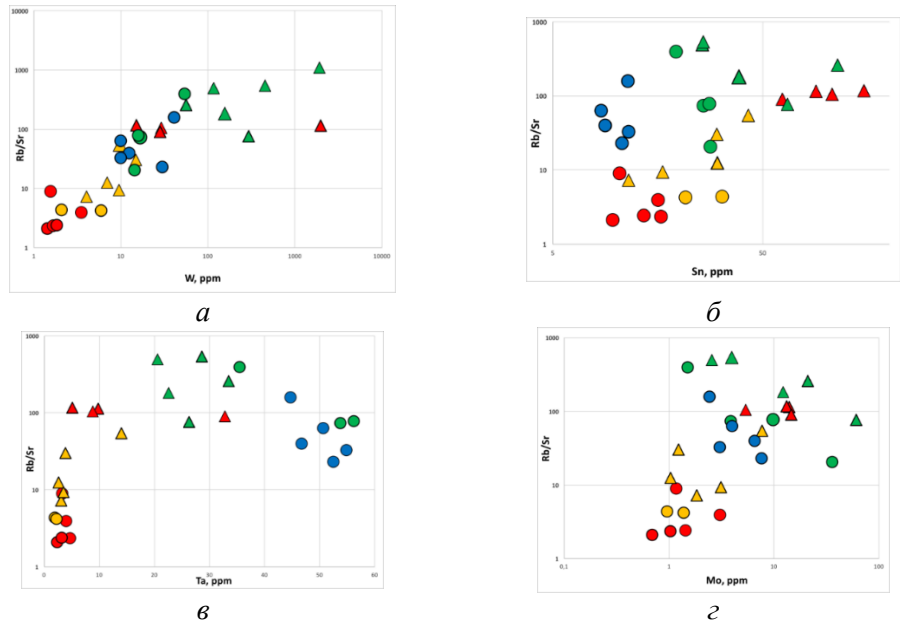


Рис. 4. Вариации содержаний редких элементов в породах Шумиловской ПМС в зависимости от индекса дифференциации (Rb / Sr-отношение).
Условные обозначения в подписи к рис. 1

Fig. 4. Composition variation of rare elements in rocks of Shumilovka massif in dependence on index of differentiation (Rb / Sr ratio). Symbols: see Fig. 1

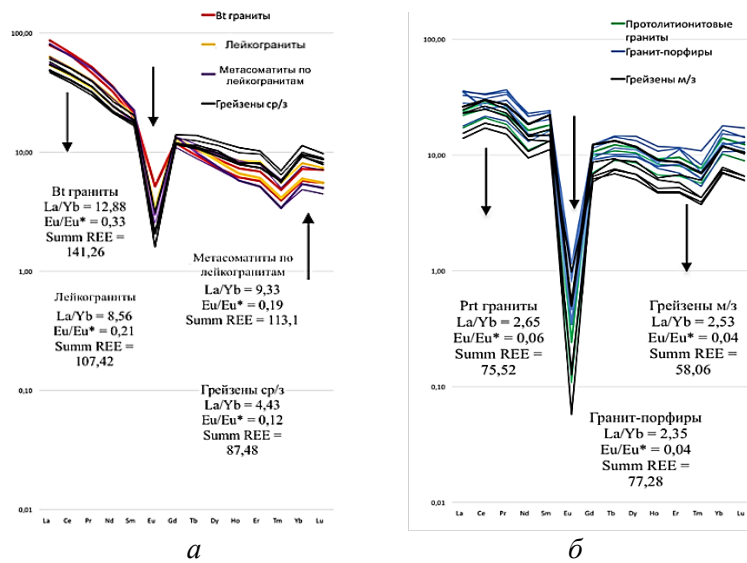


Рис. 5. Спектры распределения нормированных к хондриту (Taylor, McLennan, 1985) РЗЭ:

а — в биотитовых гранитах, лейкогранитах, кварц-полевошпатовых метасоматитах и среднезернистых грейзенах; *б* — в мелкозернистых протолитионитовых гранитах, гранит-порфирах и мелкозернистых грейзенах
Fig. 5. The distribution of REE normalized to chondrite (Taylor, McLennan, 1985):

a — in biotite granites (red line), leicogranites (yellow), quartz-feldspar metasomatic rock (purple) and medium-grained greisen (black); *b* — in fine-grained granites with protolithionite, porphyry-granites and fine-grained greisens

Таким образом, среднезернистые Sn-носные и мелкозернистые W-носные грейзены, наследуя от «материнских» пород равномерность спектров распределения, контрастно различаются по особенностям спектров: для первых характерна значительно меньшая величина Eu_{min} , для вторых — высокая величина Eu_{min} , наличие тетрад-эффекта и контрастное снижение суммарной концентрации РЗЭ.

Выявленные различия между среднезернистыми и мелкозернистыми грейзенами, в том числе и по степени концентрирования рудных элементов, позволяют предположить, что W и Sn приносятся в РМС Li–F гранитами, однако на магматическом этапе их концентрации не происходит (Сырицо и др., 2018). Эти элементы мигрируют вместе с отделяющимся флюидом и при смене геохимических условий концентрируются в грейзенах на послемагматическом (гидротермальном) этапе.

Остается открытым самый интересный вопрос — об источнике и времени / этапности образования рудной минерализации, который может быть решен на основе изотопно-геохимического изучения и датирования непосредственно рудных минералов — вольфрамита и касситерита из различных типов минерализации — и оценке возрастного разрыва между внедрением порфиридных и Li–F гранитов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-05-00957.

Литература

Абушкевич Е. А. Петролого-геохимическая модель образования редкометалльных литий-фтористых гранитов Шумиловского интрузива (Центральное Забайкалье): дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2008. С. 161.

Коваленко В. И. Петрология и геохимия редкометалльных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977. 206 с.

Сырицо Л. Ф., Баданина Е. В., Абушкевич В. С., Волкова Е. В., Терехов А. В. Продуктивность редкометалльных плюмазитовых гранитов и условия образования месторождений вольфрама // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60, № 1. С. 38–56.

Taylor S. R., McLennan S. M. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, Oxford, 1985.

Сведения об авторах

Машкин Дмитрий Анатольевич

младший научный сотрудник, ИГГД РАН; бакалавр, студент-магистрант, СПбГУ, ployer@mail.ru

Волкова Елена Викторовна

старший преподаватель кафедры геохимии, СПбГУ, e.volkova@spbu.ru

Mashkin Dmitriy Anatolievich

Junior Researcher, IPGG RAS; Master Student, SPbSU, ployer@mail.ru

Volkova Elena Viktorovna

Senior Lecturer, Department of Geochemistry, SPbSU, e.volkova@spbu.ru