

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЙ ФОРМАЦИИ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ (ХАКАСИЯ)

В. Л. Хомичев

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Выявленная ранее зональность медно-молибденовой формации на основе сопоставления геологических особенностей Сорского, Ипчуйского и других месторождений подтверждается сравнением их глубинного строения и общей модели рудно-магматической системы. В результате удалось в первом приближении выяснить распределение рудного вещества и степень концентрирования флюидов и металлов в эволюционной цепи: исходный гранитный расплав – лейкогранитовый остаточный очаг – рудообразующая апофиза из очага. Максимальная концентрация в апофизе в 1000–2000 раз превышает исходное содержание в ординарном граните. Это позволяет считать флюидизированный расплав апофизы «рудной магмой», ответственной за рудообразование.

Ключевые слова: рудно-магматическая система, зональность медно-молибденовой формации, концентрирование флюидов и металлов, рудная магма.

VERTICAL ZONING OF THE COPPER-MOLYBDENUM FORMATION OF THE KUZNETSK ALATAU (KHAKASSIA)

V. L. Khomichev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The previously identified zoning of the copper-molybdenum formation based on a comparison of geological features of the Sorskoye, Ipchulskoye and other deposits, is confirmed by a comparison of their deep structure and general model of the ore-magmatic system. As a result, it was possible to determine the distribution of ore matter and the degree of concentration of fluids and metals in the evolutionary chain in the first approximation: the initial granite melt-leucogranite residual chamber – ore-forming apophyse from the chamber. The maximum concentration in apophyse is 1000–2000 times higher than the initial content in an ordinary granite. This makes it possible to consider the fluidized apophyse melt as “ore magma” responsible for the ore formation.

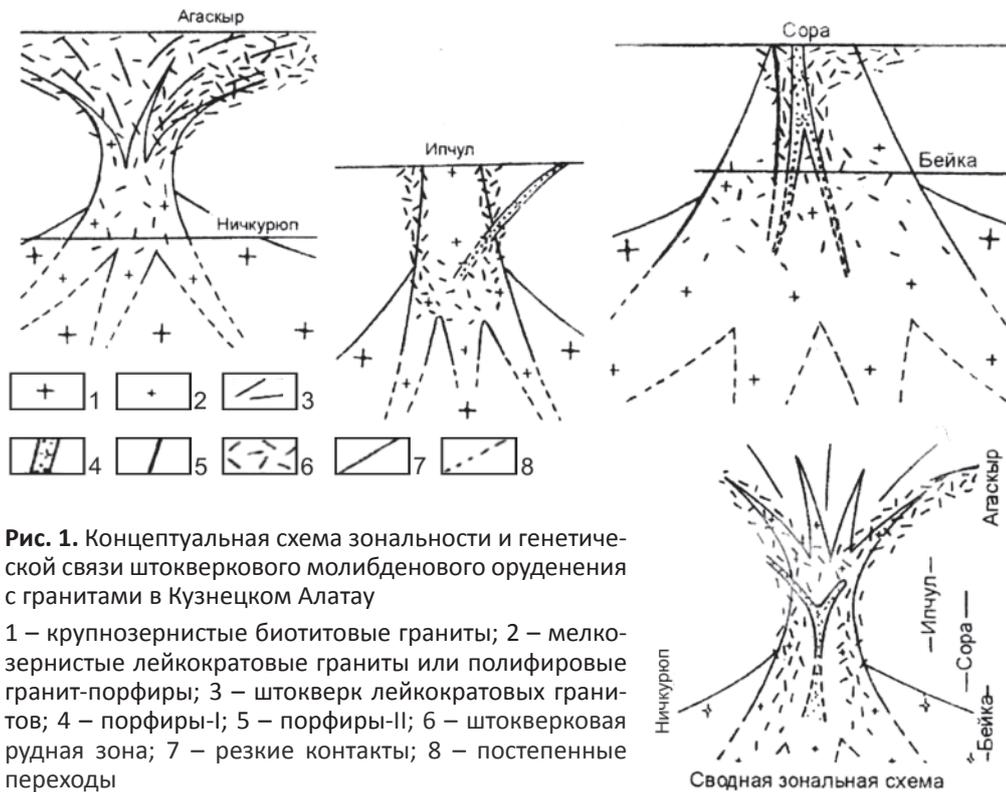
Keywords: ore-magmatic system, zoning of the copper-molybdenum formation, concentration of fluids and metals, ore magma.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-3-3-11

В 1974 г. уже была публикация на тему, обозначенную в заголовке данной статьи, в которой однотипные месторождения Кузнецкого Алатау (Сорское, Ипчуйское, Агаскырское, Бейское) выстроены в вертикальный ряд как разноуровневые срезы одной рудной формации (рис. 1). В последние 10–15 лет, благодаря разработанной в СНИИГГИМС программе пересчета наблюденного гравимагнитного поля в вертикальное пространство (GeoLab) [1], появилась возможность хотя бы на полуколичественном уровне изучить глубинное строение тех же месторождений и построить общую концептуальную модель медно-молибденовой формации (рис. 2). Суть состоит в том, что в пластовом межформационном расслоенном габбро-гранитном плутоне в силу неизбежной Р–Т неоднородности возникают участки пониженных давления и температуры, куда активно мигрирует кислый расплав с повышенным содержанием летучих и рудных компонентов. Так на глубине 2–4 км появляются очаги флюидизированного лейкогранита. По мере разрастания очага, накопления в нем летучих, растрескивания кровли и боковых пород от него отделяются штоки и гребневидные апофизы флюидизированного лейкогранита, в вершине которых формируется зона

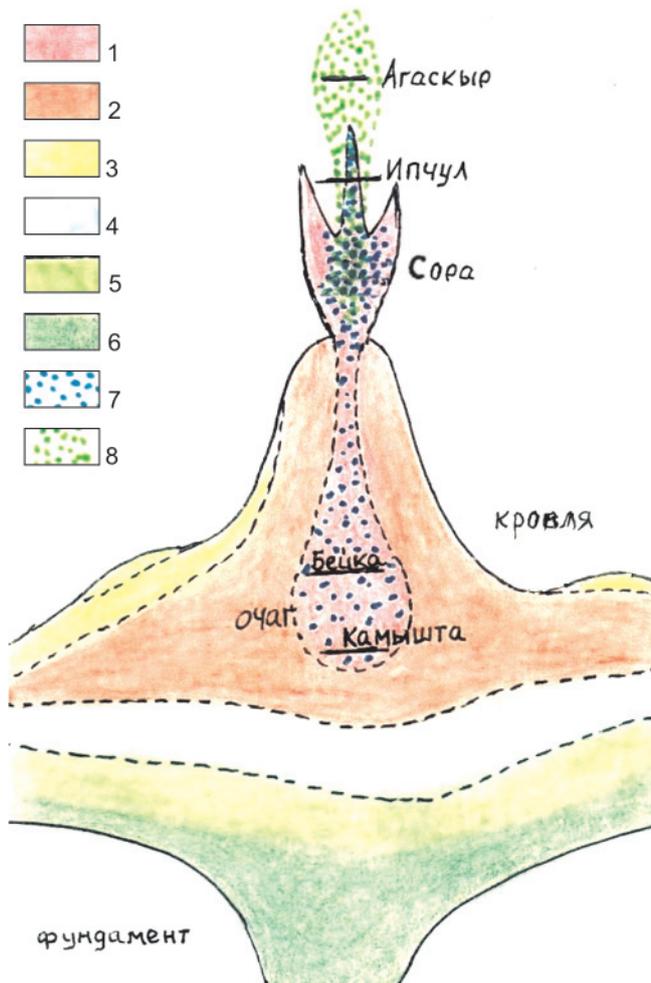
рудоотложения [4]. Несколько позже по указанной программе была построена глубинная модель Хемчикского гранитоидного (точнее, габбро-монцонит-сиеногранитного) ареала и вертикальный ряд связанного с ним оруденения (рис. 3). Таким образом, схема 1974 г. получила подтверждение и поуровневое структурно-вещественное наполнение.

Центральное положение в глубинной модели занимает наиболее крупное Сорское месторождение. Оно находится в осевой части Уйбатского антиклинория, занятого одноименным габбро-гранитным плутоном. Широкая периферия плутона сложена габброидами и монцодиоритами, а относительно небольшая ядерная часть – Сайгачинским телом крупнозернистых порфировидных биотитовых гранитов (рис. 4). Прежде их относили к тигертышскому комплексу, более молодому, чем окружающие монцогаббро мартайгинского комплекса. Но сравнение с эталонными объектами не подтвердило аналогий, а напротив, убедило в родстве биотитовых гранитов и монцогаббро как производных одного Уйбатского габбро-гранитного плутона [5]. По геолого-геофизическому моделированию в северо-восточной части Сайгачинского тела находится очаг низкоплотных не-



магнитных пород, который интерпретируется как остаточный очаг флюидизированных лейкогранитов. От него отщепляются штоки и многочисленные

дайки лейкогранитов. В апикальной части одного из штоков размещаются Сорское и Левобережное месторождения. Уместно заметить, что сайгачинские биотитовые граниты имеют хорошо выраженную порфириовидную (точнее, порфиробластовую) текстуру, характерную для тигертышских гранитов вообще и подобных им микроклиновых гранитов других регионов (джойских, калбинских, челябинских, обских и т. д.). Порфиробласты микроклина в них растут после кристаллизации расплава за счет переотложения материала мелких зерен на крупные при обязательном участии межзерновых остаточных флюидов [2]. Мера порфиробластеза (их размер и количество) позволяет судить о степени флюидизации расплава. В этом отношении сайгачинские граниты можно отнести к достаточно высокофлюидизированным. А в остаточном лейкогранитовом очаге содержание летучих и рудных компонентов, очевидно, было еще более высоким. Дополнительное концентрирование их в апикальной части штоков при кристаллизации, несомненно, обеспечивало продуктивное рудообразование в виде устойчивых флюидных потоков по двум зонам повышенной трещиноватости северо-западного простирания. В стволовой их части размещаются пегматиты, гранит-порфиры двух генераций, крупные кварцевые жилы и брекчиевые руды, а на



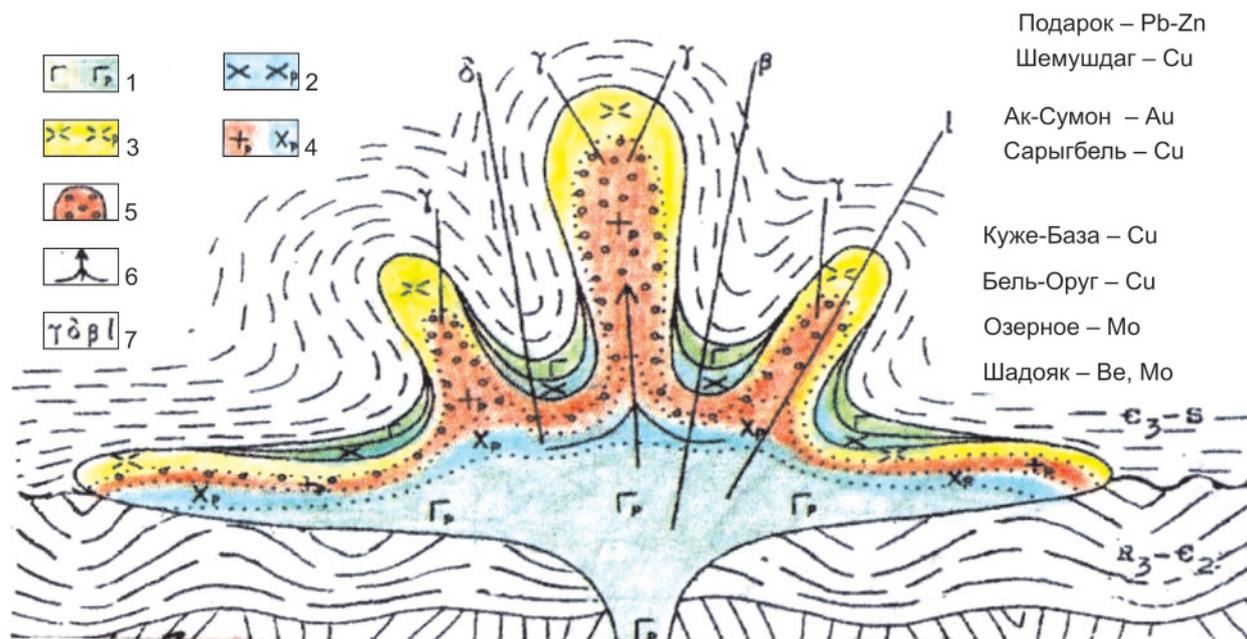


Рис. 3. Глубинная модель Хемчикского габбро-монцодиорит-сиеногранитного ареала и вертикальный ряд связанного с ним оруденения

1–3 – породы и соответствующие расплавы: 1 – габбро, 2 – монцодиорит, 3 – сиеногранодиорит; расплавы: 4 – гранитовый и диоритовый, 5 – флюидизированный; 6 – флюидный поток; 7 – дайки кислого, среднего, основного и лампорфирового составов

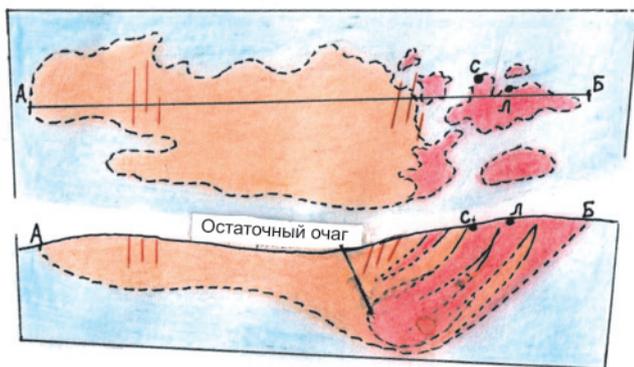


Рис. 4. Структурно-петрологическая модель Сайгачинского гранитного тела с отщеплением штоков и даек лейкогранитов (месторождения: С – Сорское, Л – Левобережное)

крыльях, постепенно затухая, – метасоматически измененные породы и прожилково-вкрапленное оруденение. С глубиной поперечные размеры рудоконтролирующих зон уменьшаются, и они постепенно выклиниваются в лейкогранитах (источнике рудообразования). Тесная структурная связь пегматитов, порфиров и оруденения, один уровень выклинивания свидетельствуют об одном механизме образования и позволяет рассматривать их как единую рудномагматическую систему на базе остаточных лейкогранитов (рис. 5, 6). Рудо-локализирующие зоны повышенной трещиноватости являются локальными полузакрытыми и потому благоприятными для концентрирования флюидов структурами.

Более высокое положение в общей модели рудно-магматической системы медно-молибденовой формации занимает более простое Ипчальское месторождение. Оно находится в Хакасии, в основании восточного склона Кузнецкого Алатау на стыке с Минусинской котловиной. Рудное поле сложено зеленокаменными диабазами ϵ_2 , прорванными небольшими штоками лейкократовых гранитов. Крупнозернистых биотитовых гранитов, подобных сайгачинским, здесь нет, но они слагают небольшой Уленьский шток в 8 км к юго-востоку, а по глубинному моделированию окаймляют лейкогранитовый очаг преимущественно ниже его (рис. 7). Гранитпорфиров на Ипчальском месторождении практически нет, отмечены только единичные мелкие жилы на восточном фланге рудного поля, но прямого отношения к оруденению они не имеют. Поэтому определение «молибден-порфировый тип» к Ипчальскому месторождению неприменимо, а значит, неприменимо и к формации в целом. Штоки лейкогранитов образуют вытянутый в северо-западном направлении ареал, будучи «нанизаны» на соответствующую тектоническую зону. С глубиной они, как следует из буровых работ, соединяются в одно довольно крупное тело. Имеющий прямое отношение к оруденению Северо-Западный шток отличается зональным строением. Внешняя оболочка сложена ординарными мелкозернистыми лейкогранитами, а внутреннее ядро – крупнозернистыми пегматоидными лейкогранитами, которые, очевидно, кристаллизовались из высокофлюидизированного расплава в относительно закрытых условиях. И это,

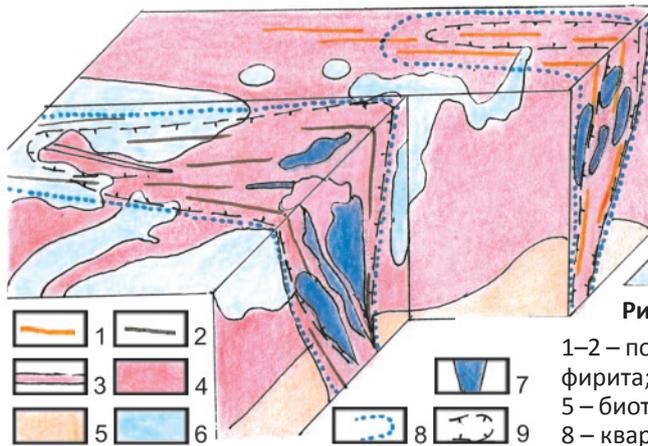


Рис. 5. Блок-диаграмма Сорского месторождения

1–2 – пострудные дайки: 1 – плагиопорфира, 2 – диабазового порфирита; 3 – сорудные дайки гранит-порфира; 4 – лейкограниты; 5 – биотитовые граниты; 6 – монцодиориты; 7 – кварцевые штоки; 8 – кварц-серицитовые метасоматиты; 9 – контур рудной зоны

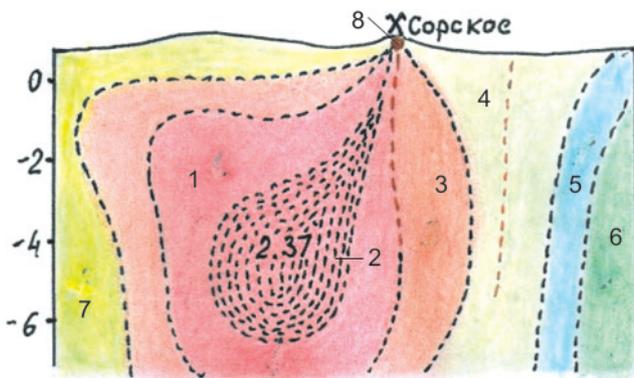


Рис. 6. Модельный геолого-геофизический разрез через Сорское месторождение

1 – лейкогранит; 2 – аномально низкоплотный лейкогранит; 3 – биотитовый гранит; 4 – гранодиорит; 5 – диорит; 6 – габбро; 7 – макрогаббро; 8 – оруденение в вершине апофизы из остаточного очага

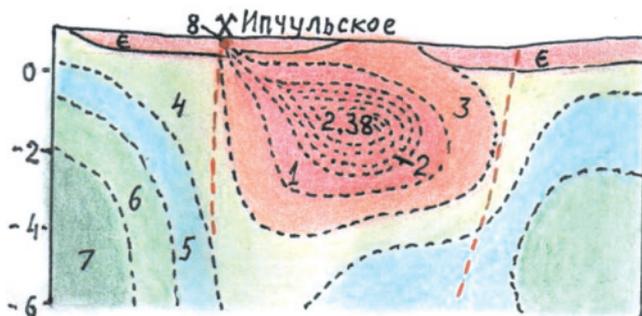


Рис. 7. Модельный геолого-геофизический разрез через Ипчужское месторождение

Усл. обозн. см. на рис. 6

несомненно, послужило причиной того, что штокверковая рудная зона полукругом (с востока, севера и запада) окаймляет Северо-Западный шток в виде трубообразной подковы. Наружный ее контур захватывает вмещающие эффузивы, а внутренний проходит в контакте штока и с глубиной все более «втягивается» в лейкограниты (рис. 8). Сопутствующие Северо-Западному мелкие штоки лейкогранита в пределах рудной зоны иногда нацело подверглись оруденению. Все это однозначно свидетельствует о том, что лейкограниты являются источником рудообразования. Рудонесущие флюиды отщепля-

лись в нижних частях штоков и заполняли тонкие контракционные трещины вверх [4].

Слагающие штокверк жилки и прожилки соизмеримы с таковыми на Сорском месторождении или чуть тоньше последних, но они более резкие (прожилки выполнения трещин) и в большей мере структурно ориентированы. Последовательность и состав минеральных парагенезисов соответствуют таковым Сорского месторождения, но индивидуализация их выражена лучше отчетливыми пересечениями ранних прожилков поздними.

Метасоматические изменения на Ипчужском месторождении те же, что и на Сорском: серицитизация, окварцевание по гранитам, пропилитизация диабазов, но развиты они преимущественно по трещинам и интенсивность их несравнимо слабее.

Самое высокое в колонне молибденовых месторождений Кузнецкого Алатау занимает Агаскырское (в 19 км к северо-востоку от п. Сарала, на правой стороне р. Печище, в восточном контакте Саралинского гранитоидного плутона).

Разведанное рудное тело в форме полого падающей на запад пластовой желобообразной залежи находится в зеленокаменно-измененной осадочно-вулканогенной толще кембрия, слагающей все правобережье р. Печище. На левой стороне расположены гранитоиды Саралинского массива, но в данном месте (напротив месторождения) они перекрыты останцом молодых карбонатных пород девона (рис. 9).

Интрузивные породы в пределах Агаскырского месторождения представлены многочисленными разноориентированными мелкими жилами и дайками лейкогранитов (гранитный штокверк), а сколько-нибудь крупных их тел не встречено, в том числе ни в одной скважине. Более того, гранитный штокверк распространяется на глубину не более 100 м, а наложенный на него штокверк молибденит-кварцевых прожилков опускается несколько ниже (до 150–200 м). Вероятность обнаружения гранитного штока под разведанным рудным телом исключается. А между тем поиски штока представляют собой очевидный практический интерес потому, что молибденовое оруденение не только связано со

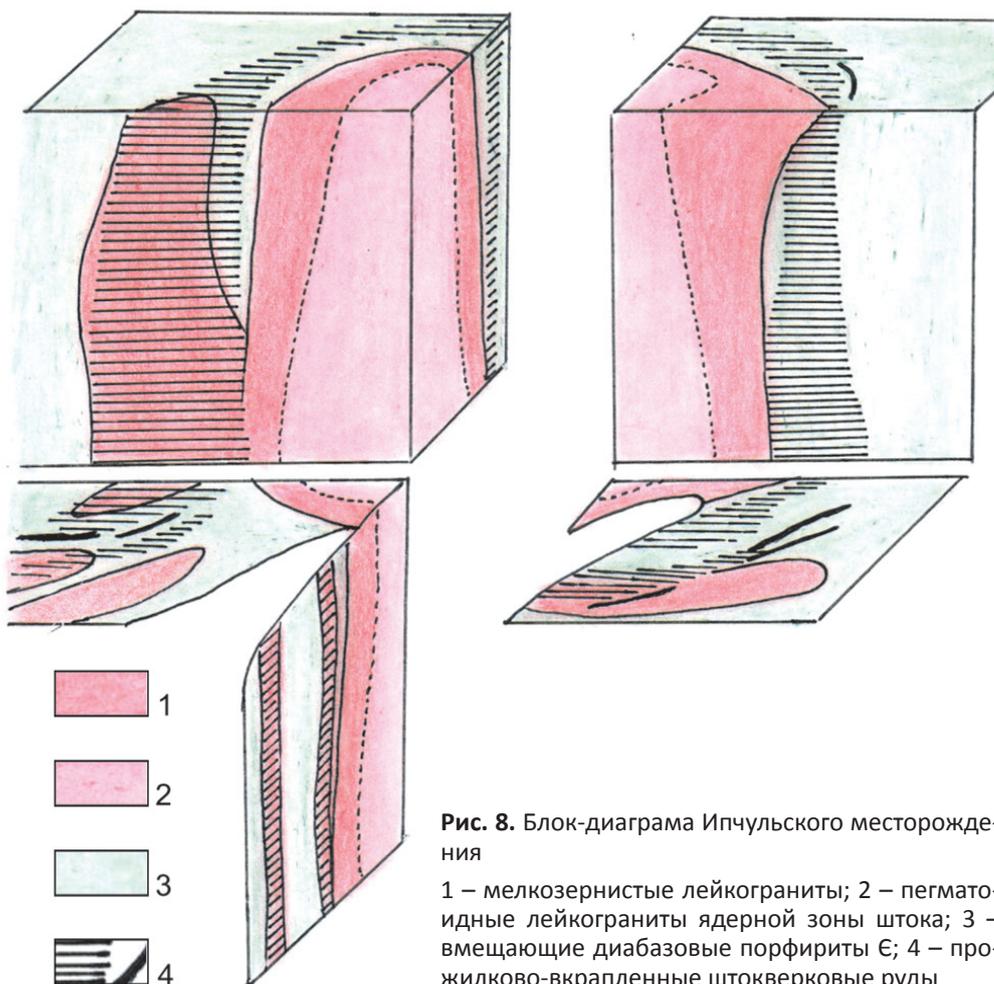


Рис. 8. Блок-диаграмма Ипчильского месторождения
 1 – мелкозернистые лейкограниты; 2 – пегматоидные лейкограниты ядерной зоны штока; 3 – вмещающие диабазовые порфиры ϵ ; 4 – прожилково-вкрапленные штокервовые руды

штоками, но и наиболее богатое около них. Исходя из того что рудный и гранитный штокерки падают на запад и срезаются разломом по р. Печище, рудогенерирующий гранитный шток предполагается на левобережье, под останцом девонских отложений [4, 7]. Этот вывод подтверждается глубинным

моделированием м-ба 1:200 000, согласно которому на Агаскырском месторождении установлена стандартная рудно-магматическая система: крупный блок гранитов среди меланократовых пород восточной периферии Саралинского плутона, очаг остаточных лейкогранитов в нем и две апофизы из

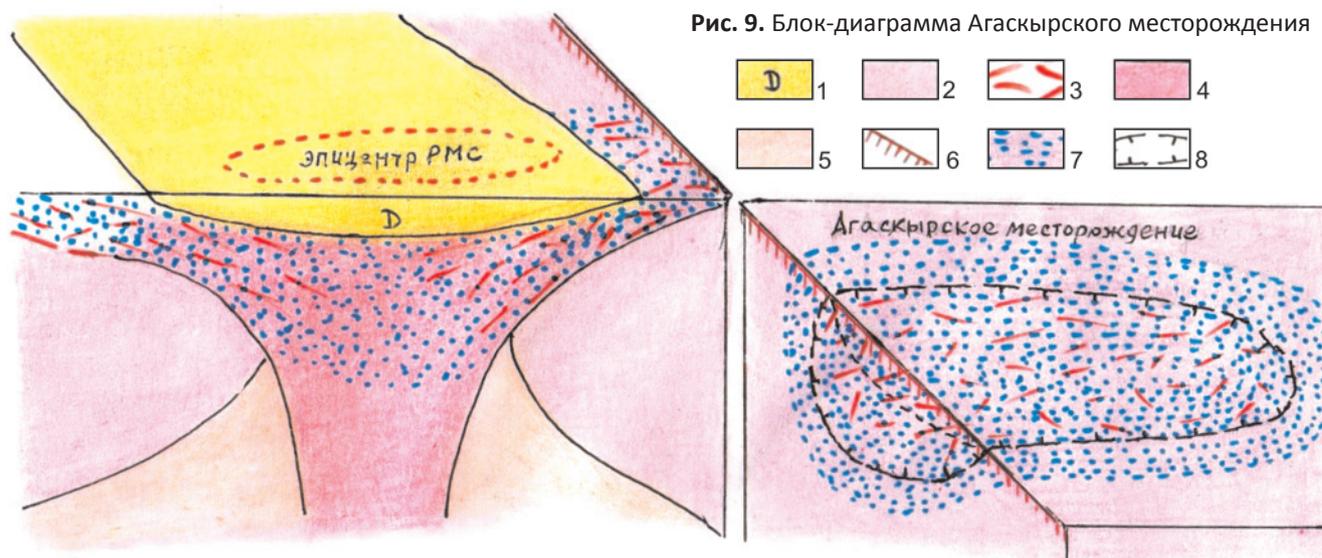


Рис. 9. Блок-диаграмма Агаскырского месторождения

1 – перекрывающие карбонатные отложения D; 2 – рудовмещающая вулканогенная толща ϵ ; 3 – лейкогранитовый штокерк; 4 – рудоносный шток лейкогранитов (по геофизическим данным); 5 – биотитовые граниты Саралинского плутона; 6 – разлом по р. Печище; 7 – кварц-серицитовые метасоматиты; 8 – контур разведанной рудной залежи

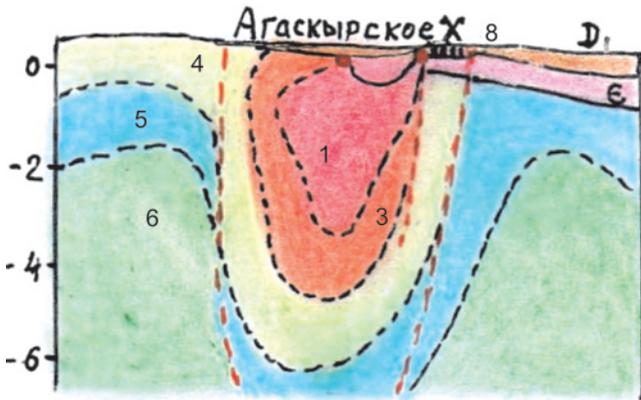


Рис. 10. Модельный геолого-геофизический разрез Агаскырской рудно-магматической системы

Усл. обозн. см. на рис. 6

очага (рис. 10). Одна апофиза внедряется по разлому р. Печище, и от нее отходит пологий шлейф на разведанное рудное тело. Вторая апофиза (в 2 км западнее) отвечает эпицентру рудно-магматической системы над головной частью рудогенерирующего штока. Такое строение Агаскырского месторождения в полном виде подтверждено детальными геофизическими работами (см. рис. 9) и нуждается в заверке хотя бы единичными скважинами.

В противоположность Ипчульскому и Агаскырскому месторождениям Бейское рудопроявление занимает более низкое положение относительно Сорского. Оно находится в 50 км южнее, в центральной части крупного однородного массива лейкократовых гранитов. Метасоматическое окварцевание и серицитизация развиты на большой площади

вдоль многочисленных тонких трещинных зон, интенсивность их слабая. Мелкие прожилки кварца с бедной вкрапленностью сульфидов рассеяны на большой площади, и лишь в редких точках наблюдается невысокое их концентрирование (рис. 11). Все прожилки однородные, одной стадии, соответствующей ранним генерациям Сорского месторождения. На обширной площади рассеянной минерализации сколько-нибудь выраженную продуктивную зону выделить невозможно. Не выявлено таких зон и по двум профилям поисково-разведочных скважин. Прежде предполагалось, что Бейское рудопроявление представляет собой корневую область штокверковой молибденовой формации – область стягивания, мобилизации растворов по Г. Л. Поспелову [6, 8], а глубинная модель позволяет рассматривать его как вскрытый эрозионным срезом остаточный очаг лейкократовых гранитов (рис. 12). В таком случае можно полагать, что фиксируемые на Бейском рудопроявлении содержания молибдена (около 0,005–0,01 %) отвечают остаточным концентрациям в уже отработанном очаге, из которого большая часть флюидов и металлов вынесена в апофизы. Но и тогда остаточные содержания на два порядка выше кларковых в кислых породах, а на стадии образования рудно-магматической системы концентрация металлов вряд ли составляла более 3–4 порядков.

Еще более низкое положение в колонне молибденового оруденения Кузнецкого Алатау занимает Камыштинское проявление (рис. 13). Оно находится в наиболее глубокой юго-восточной части

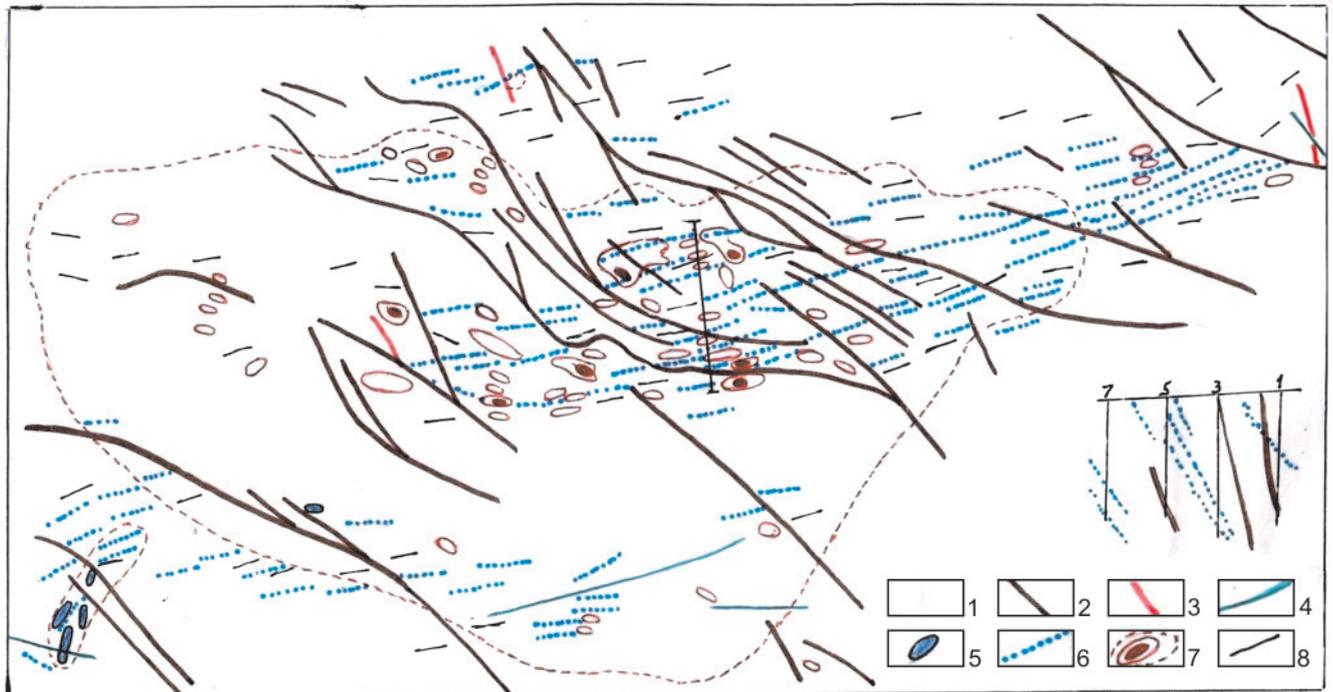


Рис. 11. Бейское рудопроявление Мо

1 – лейкократовые граниты; 2–4 – дайки: 2 – порфирита, диабазы, 3 – аплита, 4 – лампрофиров; 5 – штоки кварца; 6–7 – зоны: 6 – кварц-серицитового изменения; 7 – рудной минерализации с содержанием Мо 0,005, 0,01, 0,05 %; 8 – преобладающая ориентировка прожилков кварца

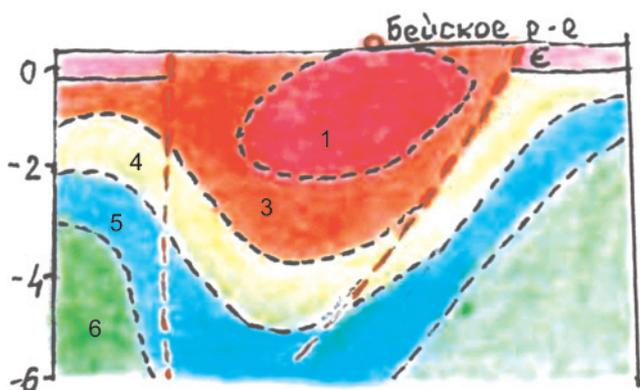


Рис. 12. Модельный разрез через Бейское рудопоявление

Усл. обозн. см. на рис. 6

крупного Саксырского гранитоидного плутона, нацело сложенной однородными крупнозернистыми биотитовыми гранитами (тигертышского, сайгачинского типа). Штоков мелкозернистых лейкократовых гранитов, с которыми генетически связано молибденовое оруденение, здесь не обнаружено, как и на Камыштинском участке. В период поисковых работ (1956–1957 гг.) за лейкограниты принимали серицитизированные (и потому обесцвеченные) биотитовые граниты, от которых наблюдаются постепенные незаметные переходы к нормальным биотитовым гранитам. Однородное строение крупнозернистых гранитов без метасоматической порфиروبластической перекристаллизации, как в сайгачинском теле, свидетельствует о том, что образование их происходило из расплава с равномерным относительно невысоким содержанием летучих компонентов без какого-либо концентрирования в форме остаточного флюидизированного очага. Атрибуты рудообразования ограничены только мелкими штоками кварца и слабыми изменениями гранитов. В центре участка обнажается небольшой изометричный (≈ 150 м в диаметре) кварцевый шток, вокруг которого граниты грейзенизированы, а с удалением от него – серицитизированы.

В грейзенизированных гранитах развито брекчиевидное-узловатое окварцевание, а в серицитизированных – разноориентированные жилы, жилки и прожилки. Кварц штока жил и прожилков однотипный молочно-белый крупнокристаллический друзовидный высокотемпературный (температура гомогенизации включений 350–450 °С). Из рудных минералов обычны крупные идиоморфные зерна пирита, редкий крупночешуйчатый молибденит. Содержание молибдена не выше тысячных долей процента. Это участок рассеянной высокотемпературной минерализации в глубокой стабильной зоне гранитоидного плутона, очевидно, подочагового уровня, поскольку лейкогранитовый очаг здесь отсутствует.

Таким образом, вертикальная зональность штокверкового молибденового оруденения Кузнецкого Алатау позволяет представить строение рудно-магматической системы от нижнего очагового

(и подочагового) уровня до высокой фронтальной области. Петрологические структурные и вещественные характеристики для каждого уровня приведены в диссертации Е. С. Хомичевой [8] и монографии [4]. Они могут служить критериями оценки перспектив каждого нового объекта не только медно-молибденовой, но и других рудных формаций гранитоидного ряда.

Из всего сказанного в грубом приближении можно представить распределение Мо (и, соответственно, других компонентов) в вертикальной колонне рудно-магматической системы. Если принять кларковое содержание Мо в ординарных гранитах $1 \cdot 10^{-4}$ (по А. П. Виноградову), то содержание молибдена оказывается все-таки повышенным на подочаговом или нижнеочаговом уровне (Камыштинский участок) в 10–15 раз, а в очаге (Бейское рудопоявление) – в 50–100 раз. В средней зоне (Сорское месторождение) концентрация увеличивается в 550–700 раз, на Ипчульском месторождении – более чем в 700 раз. В разведанной залежи Агаскырского месторождения (краевая побочная зона РМС) содержание выше кларковых в 500–600 раз,

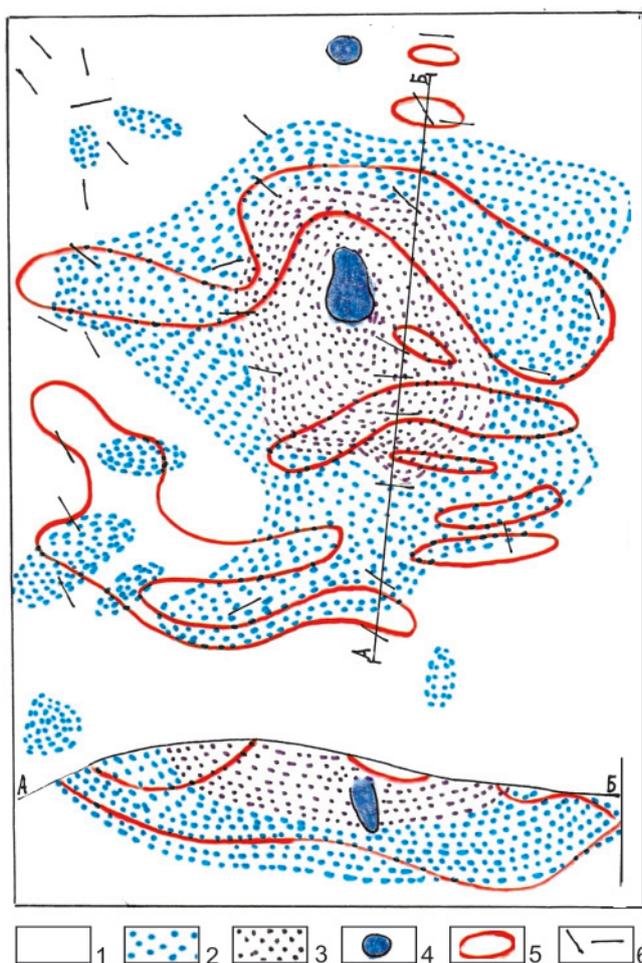


Рис. 13. Камыштинское проявление Мо

1 – среднезернистые биотитовые граниты; 2 – серицитизация; 3 – грейзенизация; 4 – кварцевый шток; 5 – зона повышенного содержания молибдена; 6 – преобладающая ориентировка кварцевых прожилков

а в эпицентре, на левобережье р. Печище, возможно, и более чем в 1000 раз. На богатых молодых месторождениях США концентрация Мо в вершине рудообразующего штока-апофизы не опускается в среднем ниже 1000 раз и часто поднимается до 2000–3000 раз.

Несмотря на определенную условность приведенных соотношений, они свидетельствуют о высокой концентрирующей способности гранитных флюидорасплавных систем от ординарного гранита к остаточному очагу и далее к рудообразующей апофизе.

С этой позиции открывается возможность дать научное определение термина «рудная магма», о котором сложилось или негативное, или скептически-недоверчивое, или безразличное мнение. Порознь понятия «руда» и «магма» очевидны и неоспоримы, а в совокупности – принципиально разные по природе и в сознании не укладываются. И тем не менее накопилось немало публикаций, в которых утверждается, что рудообразование происходило не из гидротермальных растворов, как принято в классической гипотезе, а из магматического расплава-рассола, т. е. из рудной магмы.

Во-первых, растворимость в чистой воде рудных элементов и кремнезема (главного компонента «гидротермальных» руд) исключительно низкая (околокарковая) и для образования месторождения потребуются океан водных растворов, что в принципе невозможно.

Во-вторых, в большом количестве публикаций по гидротермальным месторождениям не обращают внимания на вопрос, куда же девается такая огромная масса воды после отложения рудного вещества. В надрудной области следовало бы ожидать соизмеримых объемов метасоматических изменений, а этого не наблюдается.

В-третьих, при изучении флюидных включений (реликтов рудообразующего субстрата) установлен высококонцентрированный их состав.

В-четвертых, на многих месторождениях, в особенности слабо эродированных, широко развиты колломорфные (волнисто-полосчатые, слоистые, кружевные, глобулярные, обтекаемые) текстуры руд, что указывает на высокоплотное гелеобразное состояние рудообразующего субстрата, а отнюдь не жидкое. Однако и это не изменило мнения, что главным растворителем является вода.

В-пятых, в ряде случаев описаны постепенные переходы даек гранит-порфириров, аплитов в жильно-кварцевое окончание с вкрапленностью сульфидов, а иногда такие дайки представляют собой автосоматические рудные тела, как, например, кварц-серицитовые тела по гранит-порфирам медно-молибденовых проявлений Западной Тувы.

Таким образом, гипотеза образования рудных месторождений из гидротермальных растворов не выдерживает критики, но логично и непротиворечиво решается с позиции магматической диффе-

ренциации базальтоидного расплава с появлением в конце гранитной рудно-магматической системы, состоящей из остаточного очага флюидизированного расплава и отходящих от него штоков-апофиз. Концентрирование летучих и рудных компонентов наиболее интенсивно протекает в апофизах, поскольку в них устанавливается устойчивый напряженный узко локальный поток рудоносных флюидов (по принципу опрокинутой воронки) из всего объема очага. В итоге в верхней части апофиз возникает близкий к пределу растворимости высокофлюидизированный термодинамически неустойчивый расплав. Это и есть «рудная магма», которая даже при небольшом падении давления или температуры испытывает ликвационный распад на три несмешивающиеся фазы: 1) силикатную (сорудные дайки кислого состава), 2) гидротермальный раствор, производящий метасоматическое изменение пород, 3) рудообразующий флюид. Состав флюида очень сложный, главными его компонентами являются CO_2 , CO , NaCl , KF , O_2 , H и др., но не вода, как принято считать [3, 4]. Поэтому месторождения, образованные таким флюидом, следует называть не гидротермальными, а магматогенно-флюидными или просто флюидными. После распада флюидизированного расплава магматогенная природа его стирается, маскируется, и только в редких случаях (в закрытых или полузакрытых условиях) «рудная магма» проявляется в чистом виде без распада. Как пример можно привести камерные пегматиты, дайки золоторудных гранитоидов, тела кварц-серицитовых метасоматитов по аплитам на медно-молибденовых месторождениях, дайки рудных порфириров, залежи массивных и вкрапленных медно-никелевых руд, излияния магнетитовых лав вулкана Лако в Чили.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садур О. Г. Моделирование геологических сред на основе вычисления их плотностных и магнитных характеристик в классе сложного распределения масс при решении различных геологических задач // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1(9). – С. 96–101.
2. Хомичев В. Л. Глубинная модель габбро-диорит-сиеногранитовой формации // Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей. – Екатеринбург, 2004. – С. 404–408.
3. Хомичев В. Л. О природе вкрапленников калишпата в гранитоидах восточного склона Кузнецкого Алатау // Вопросы минералогии и петрографии Западной Сибири. – Томск, 1966. – С. 94–105.
4. Хомичев В. Л. Рудно-магматическая система медно-молибденовых месторождений. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. – 297 с.
5. Хомичев В. Л., Ломаев В. Г. Сорское медно-молибденовое месторождение. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – 264 с.



6. Хомичев В. Л., Шабалина Е. С. Зональность штокверкового кварц-молибденитового оруденения восточного склона Кузнецкого Алатау // Геология и геофизика. – 1974. – № 10. – С. 75–82.

7. Хомичев В. Л., Хомичева Е. С., Сольцман А. Е. Агаскырское молибденовое месторождение (Кузнецкий Алатау) // Геология рудных месторождений. – 1978. – № 2. – С. 27–39.

8. Хомичева Е. С. Зональность штокверкового молибденитового оруденения Кузнецкого Алатау: автореф. дис. ... к. г.-м.-н. – Новосибирск, 1982. – 17 с.

REFERENCES

1. Sadur O.G. [Modelling of geological environments based on the calculation of their density and magnetic characteristics in the class of complex mass distribution when solving various geological problems]. *Geologia i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2012, no. 1 (9), pp. 96–101. (In Russ.).

2. Khomichev V.L. [Deep model of gabbrodiorite-syenogranite formation]. *Geologiya i metallogeniya ultramafit-mafitovykh i granitoidnykh intruzivnykh assotsiatsiy skladchatykh oblastey* [Geology and metallogeny of ultramafic-mafic and granitoid intrusive associations of folded areas]. Yekaterinburg, 2004, pp. 404–408. (In Russ.).

3. Khomichev V.L. [On the nature of kaliefeldspath's phenocrysts in granitoids of the eastern slope of the Kuznetsk Alatau]. *Voprosy mineralogii i petrografii Zapadnoy Sibiri* [Problems of mineralogy and petrography of Western Siberia]. Tomsk, 1966, pp. 94–105. (In Russ.).

4. Khomichev V.L. *Rudno-magmaticheskaya sistema medno-molibdenovykh mestorozhdeniy* [Ore-magmatic system of copper-molybdenum deposits]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2018. 297 p. (In Russ.).

5. Khomichev V.L., Lomaev V.G. *Sorskoye medno-molibdenovoye mestorozhdeniye* [Sorskoe copper-molybdenum deposit]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010. 264 p. (In Russ.).

6. Khomichev V.L., Shabalina E.S. [Zoning of stockwork quartz-molybdenite mineralization of the eastern slope of the Kuznetsk Alatau]. *Geologiya i geofizika*, 1974, no. 10, pp. 75–82. (In Russ.).

7. Khomichev V.L., Khomicheva E.S., Soltsman A.E. [Agaskyr molybdenum deposit (Kuznetsk Alatau)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy – Geology of ore deposits*, 1978, no. 2, pp. 27–39. (In Russ.).

8. Khomicheva E.S. *Zonalnost shtokverkovogo molibdenovogo orudneniya Kuznetskogo Alatau: avtoref. dis. ... k. g.-m.n.* [Zoning of stockwork molybdenum mineralization of the Kuznetsk Alatau: author's abstract of PhD thesis]. Novosibirsk, 1982. 17 p. (In Russ.).

© В. Л. Хомичев, 2021