

**С.В. Воробьева**

# **ЭВОЛЮЦИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА И ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛЫБОВЫХ ГРАНИТНЫХ ОБЛАСТЕЙ**

Эволюция кристаллического фундамента завершилась в районах длительной вулcano-плутонической деятельности образованием гранитов высокой теплогенерации. Глобальное размещение многометалльных месторождений определяют глыбовые гранитные области, находящиеся под контролем всемирного поля тектонических напряжений. Многометалльные месторождения следует признать метаморфогенно-гидротермальными. Этим месторождениям сопутствуют концентрации урана и тория.

Ключевые слова: кристаллический фундамент; граниты высокой теплогенерации; всемирное поле тектонических напряжений; многометалльные месторождения.

**К**ристаллический фундамент современной земной коры отличается неоднородностью состава и глыбово-блоковым строением [8]. Обнажившемуся среди фанерозоя «докембрию» отвечает только исходный субстрат, служивший для длительной твердофазовой дифференциации, а также для частичного и полного плавления в процессе циклического вулcano-плутонизма [3]. Менее переработанные части фундамента скрыты под мощными отложениями палеозоя, препятствовавшими развитию орогенных процессов. Таким образом, еще в докембрии наметились тектонические предпосылки для возникновения двух типов тектонических структур: орогенных и неорогенных, различающихся по своему строению. Менее дифференцированный фундамент по причине дисбаланса плотности и вследствие растяжения коры при орогенных движениях стал погружаться и перекрываться слоистыми геосинклинальными толщами. «Выворачивание» геосинклинальных толщ, ох-

ваченных сложной складчатостью, произошло только в период разрастания континентальных сводово-глыбовых сооружений, представленных мигматизированным и гранитизированным фундаментом. Гранитные массивы обрамлены разветвляющимися в виде линейных и дугообразных полос зонами линейной складчатости высших порядков. Это глубинная складчатость и ей отвечают сложные структуры напряженной глыбовой складчатости германотипного стиля, возникшие в процессе тектоно-геодинамических процессов, обусловленных вулканотектонической активизацией и последующими горообразовательными процессами. Напряженная складчатость сопоставима с невадийской и ларамийской складчатостью Американского континента, связанной с глыбовым обособлением гранитных батолитов, сорванных со своего глубинного основания. Но наибольшей напряженности тектонические «коллизии» достигли в «Вест-Индских и Ост-Индских архипелагах» [7].

Начало гранитообразования фиксируется в контуре «рифид», в период позднего протерозоя (рифей). Гранитный слой четко фиксирует границу между археем и протерозоем и в этом слое участвуют рапакиви [5], а более ранние архейские гранитные породы — это агрегаты агломерированных зернистых осадков [5], накопившихся в безводной обстановке. Эти ранние зернистые породы гранитного облика мало похожи на настоящие микроклиновые граниты, они и подтверждают существование «огнедышащих гор первобытного мира». Существование «огнедышащих гор» доказывается не только агломерацией зернистых обломочных отложений, накопившихся за счет разрушения фундамента в безводной атмосфере, но и образованием «лептитов» — гнейсовидного облика полосчатых пород, содержащих слюду и амфибол в темных полосах, а в светлых полосах — кварц и полевой шпат, а в шлифах под микроскопом лептиты обнаруживающих структуру пирокластических пород, возникших в безводной обстановке [5].

Граниты рапакиви известны в составе глыбового фундамента Русской платформы, выходы подобных рапакиви гранитов известны в Забайкалье — это доказательство напряженной тектоники в районах рапакиви. С рапакиви сходны по облику микроклиновые граниты, причем среди регенерированных в результате высокотемпературного метасоматоза микроклиновых гранитов встречаются различия, сходные с рапакиви [5]. Внедрение рапакиви в верхние гипсометрические уровни разреза земной коры произошло только в мезозое, по причи-

не разрушения длительно формировавшихся орогенов (расчленившихся в связи с разуплотнением фундамента и окончательным плавлением древнего сиала в период контрастного вулканизма.)

Обстановка крайней неоднородности обнажившегося (в зонах напряженной тектоники всемирного поля деформаций) кристаллического фундамента и вторжение расслоенных плутонов и глубинных протрузий основных и ультраосновных горных пород знаменует явление деструкционного тектогенеза.

На Урале граниты, подобные рапакиви, известны в составе Бердяшского и Челябинского глыбовых выступов гранитизированного фундамента. И этим выступам сопутствуют важные горнорудные районы. Зоны наиболее напряженной тектоники с участием дислоцированных отложений среднего-позднего палеозоя – мезозоя фиксируют резкий дисбаланс плотности между «рифейдами» и созданным в каледонскую эпоху новым кристаллическим фундаментом, где возникли очаги глубинного плавления по причине гранитообразования в контуре «рифейд».

Рапакиви представляют собой крупнозернистые порфировидного облика породы, обогащенные ортоклазом, а округлые овоиды в этих породах, диаметром до 8 см, окружены олигоклазом [5]. В основной массе рапакиви – темный дипирамидальный кварц, биотит, роговая обманка, плагиоклаз, в акцессориях – апатит, циркон, флюорит [5]. Рапакиви имеют постепенные переходы в гранит-порфиры и кварцевые порфиры [5]. В рапакиви «полностью отсутствуют какие-либо следы давления и сжатия» [5], значит рапакиви фиксируют зоны мощной тектономагматической активизации «рифейд», в процессе которой «под влиянием энергии и силы магматического очага» возникли «куполовидные вздутия и кольцевые структуры» [5]. Эти структуры отражают очаговые центры наиболее длительного термального возбуждения, достигшего глубоких частей мантии. В отличие от рапакиви, микроклиновые граниты не имеют такого высокого содержания калия» [5], а это значит, что «перегонка» калия происходила под влиянием долгоживущих геотермальных очаговых эндогенных центров, и поскольку рапакиви прорваны оливиновыми базальтоидами диабазового облика [5], выходит, что с этими центрами и связан контрастный вулканизм.

На Балтийском щите трапповые поля хотя и сближены с массивами рапакиви, но не пересекают рапакиви [5], тогда как рапакиви «секут все докембрийские образования, независимо

от их простирания» [5], Следовательно, отгонка калия и насыщение им гнейсированных пород, испытывавших влияние кремнещелочных растворов и превращенных в гнейсо-граниты, способствовало образованию микроклиновых гранитов. Последние также как рапакиви склонны к деформациям и механическому разрушению, в отличие от пород «инфракоры», составляющих нижние части «термоколонн», прочно связанных с переработанной верхней мантией. В результате глубинных деформаций произошли срывы гранитов от их корневых частей и вторжение глубинных протрузий [3].

Разрастание сводово-глыбовых поднятий на континентах достигается «всплыванием» мигматизированного и гранитизированного фундамента в контуре долгоживущих эндогенных центров, распознаваемых расслоенными плутонами; наиболее дифференцированные части этих плутонов фиксируют положение кальдеро-вулканов, возникших после разрушения древних гор в процессе финального газо-взрывного вулканизма. Суммарное действие сил гравитационной тектоники [11] и «глубинного петрогенезиса» под вулканами и создали глыбово-складчатые коллизионные пояса, подобно Уральскому поясу.

Глобальное поле планетарных тектонических напряжений [7, 8, 10] фиксируется в щелевых рифтах Таньгаикской зоны в Африке, где происходит извержение оливиновых базальтов. Напряженность коры отражают омоложенные вследствие неоген-четвертичного вулканизма сводово-глыбовые сооружения байкалид — Восточной Тувы, Восточного Саяна, Хубсугул-Хамар-Дабана, Удоканской и Витимской глыбовых областей, примыкающих к Байкалу. Согласно опубликованным данным, неоген-четвертичный вулканизм Байкальской рифтовой системы выразился извержениями трахиандезито-базальтов, трахибазальтов и оливиновых базальтов. Эти расплавы связаны с мантийными очагами на глубине около 13–18 км. Байкальская рифтовая система — это омоложенная под влиянием сил гравитации и глубинного вулканизма грабенообразная структура, плечами которой являются сводово-глыбовые сооружения байкалид, омоложенные глубинным вулканизмом.

Срединно-Атлантическая рифтовая система, ответвления которой продолжают на континенты, возникла в результате омоложения древних рифтовых зон и это подтверждается извержениями щелочных базальтов. В зоне Срединно-Атлантического рифта очаги плавления находятся на глубине более 20 км.

«Коллизионная» структура земной коры в районе Балтийского щита [3] связана с оживлением палеорифтовых зон, бортами которых служат обнажившиеся глубинные породы переработанного в каледонский и герцинский этап докембрийского фундамента. Каледониды Норвегии. Массивы Кольского полуострова с разросшейся корой – фрагменты созданного в герцинскую эпоху и расчленившегося орогена. Ветреный пояс характеризуется выходами офиолитового комплекса, которому сопутствуют выходы расслоенных плутонических массивов. Поэтому в современной структуре Балтийского щита глыбовые гранитные батолиты и расслоенные массивы фиксируют места крайне напряженной тектоники [3], создавшихся в местах наиболее длительного зарождения силикатных расплавов.

Сложный узел глыбовых горных сооружений намечается в районе Алтая, Салаира, Западного Саяна, Горной Шории, Кузнецкого Алатау, где глыбовые выступы гранитизированного фундамента занимают обширные площади, и именно этот сложный горный узел и определяет важнейшие горно-рудные районы Сибири.

По богатству многометалльными рудами выделяется Рудный Алтай. Александр Гумбольдт, германский исследователь, много путешествовавший по всему миру, посетил в 1829 г. Урал и Алтай. Он был поражен обширностью выходов гранитных пород высокой теплогенерации в обрамлении Рудного Алтая – обнажившихся в районе Колывани, в Прииртышье, и в районе Бухтарминской зоны разломов. В своих докладах, прочитанных им в Берлине и в Париже, он отметил; «Нигде, ни в том, ни в другом полушарии не видел я гранитов, которые представляли более ясный характер эруптивных или излившихся пород, как граниты, окружающие Алтай... Когда приближаешься к скалистым берегам Колыванского озера, то бываешь поражен этими извержениями гранита», а «...плутоническое действие гранита... делают глинистый сланец зернистым и превращают его в сходственную с гранитом массу, то есть в смесь полевого шпата и слюды». Микроклиновым гранитам высокой теплогенерации в обрамлении Рудного Алтая сопутствуют высокотемпературные концентрации – олова, вольфрама, молибдена и переотложенное в термоградиентном поле полисульфидное оруденение, сопровождаемое концентрациями урана и тория.

Посетивший Рудный Алтай начальник Уральских горных заводов Виллим Геннин, голландец, состоявший на царской службе в России, в своем отчете отметил, что в алтайских горах «руды лежат гнездами и есть надежда, что оные постоянны».

«Гнездами» в горах лежат бонанцевые руды, примерами которых являются редкометалльно-полиметаллические руды Колывани, они «лежат гнездами», по причине напряженной глубинной складчатости, трансформированной в «коллизионной» обстановке в более сложные формы. В зоне перехода от Рудного к Горному Алтаю, согласно опубликованным в середине прошлого века В.С. Трофимовым фактическим данным, вольфрам-молибденовые руды были открыты в районе Колывани, на вершине одного из горных отрогов горы Синюхи. Этот отрог подчинен субмеридиональному направлению шовной тектонической зоны, где граниты примыкают к гранодиоритам. Вольфрамовое оруденение было выявлено на участке «с сетью кварцевых жил, пересекающих тела гранит-порфира, переходящими в кварцевый порфир». Эти жилы были разорваны дизъюнктивными нарушениями и передвижками по этим нарушениям. В жилах с вольфрамитом ассоциируют руды, типичные для рудных скарнов — пирит, арсенопирит, шеелит, халькопирит, сфалерит. Такая обстановка находит объяснение в сочленении гипсометрически разноуровневых глыб фундамента в профиле субмеридионального разлома, поскольку «по западному склону горного отрога гранитные породы находятся в контакте с гранодиоритами змеиногорского комплекса».

В переходной от Рудного к Горному Алтаю зоне длиной в 250 км, на восток от Зырянского рудника, в верховье реки Белой, в 1932 г. геолог С.П. Ершов, на основании изучения вольфрамоносных образцов, доставленных геологом А.А. Никоновым из развалов жильного кварца горы Вольфрамитовой, открыл Кок-Кульское месторождение. Гора Вольфрамитовая высотой около 100 м находится в вершине реки Кок-Куль. Вольфрам-молибденовое оруденение этой горы тесно связано с биотитсодержащими микроклиновыми порфиroidными гранитами, с которыми вместе встречались грейзенизированные породы, обогащенные молибденитом, а участками вольфрам-молибденовое оруденение сочеталось с зонами рудных скарнов, распознаваемых по наличию типоморфной ассоциации пирита, арсенопирита, мышьяковистых блеклых руд, халькопирита, сфалерита и галенита.

По данным В.П. Нехорошева, проводившего геологическую съемку в районе реки Белой, в контактовой зоне обширного массива порфиroidного гранита прослеживалась оторочка мусковитсодержащих мелкозернистых гранитов, приведенных в один уровень с с мергелистыми известняками, а среди мерге-

листых известняков встречались скарны. И в граните, и в скарне В.П. Нехорошев в 1929 г. зафиксировал свиту вольфрамсодержащих кварцевых жил, достигающих нескольких метров и подчиненных субширотному направлению межблоковой тектонической зоны. Вольфрамиту сопутствовал молибденит. Зальбандами жил служили грейзенизированные гранитные породы. Скарновые зоны были обогащены концентрацией шеелита, до 0,3–0,5%  $WO_3$ . Такую картину логично можно объяснить только процессом динамического нагнетания жильного кварца в межблоковую зону, при ее ориентированном сжатии вытесняемым гранитным фундаментом. Сейсмоактивные движения фундамента в Восточном Казахстане, продолжаются донныне, они связаны со зрелой палеострванной дугой», ограниченной региональными зонами смятия [2].

Горные поднятия на территории Рудного Алтая достигают большой высоты. Вышеивановский белок западнее Риддерских рудников – 2778 м, гора Громотуха в междуречье рек Большой Тургусун и Хамир – 2415 м, гора Аксубас, в районе горного обрамления озера Маркаколь – 3308 м над уровнем моря. Резкие перепады высот на территории Алтая грандиозны и об этом свидетельствуют ступенчатые субширотные «фасы Алтая». Обособление поперечных к генеральному северо-западному направлению Рудного Алтая глыбовых горных хребтов – Убинского, Ивановского, Ульбинского, разобщенных межгорными депрессиями, можно объяснить только сдвиго-подвиговыми перемещениями тектонических глыб сейсмоактивного фундамента, подобно образованию гор Брента в Альпах [7].

*Молибденсодержащие сульфидные руды известны в Восточно-Уральском глыбово-складчатом поясе, примыкающем к Северным Мугоджарам* [4]. Выходы насыщенных щелочными компонентами гранитоидных интрузий сопровождают контролируемые крупными сбросо-сдвигами локальные ассимметричные горст-антиклинальные поднятия. На Еленовской площади сочленяются региональные тектонические зоны субмеридионального и субширотного направлений [4]. Еленовская площадь служила местом чудских промыслов, о которых свидетельствуют находки диоритовых молотков, горшки с остатками расплавленной руды [4]. Руда Еленовского месторождения концентрирует медь, молибден, золото и серебро и большое число примесей, в том числе вольфрам, олово, никель, мышьяк. Молибденовому оруденению штокверкового типа сопутствует полисульфидное оруденение и концентрации урана и тория [4]. Такой

тип комплексной руды вообще является характерным для Центально-Азиатского (Казахстанско-Монгольского) рудного пояса, характеризуемого разрастанием сводово-глыбовых поднятий. Комплексные руды с участием концентраций урана и тория – характерная особенность глыбовых гранитных областей Центрального Казахстана, Южного Тянь-Шаня, юга Красноярского края, Хакассии, Тувы, Монголии [4].

*Пример австралийского месторождения Брокен-Хилл, связанного с обширным массивом кристаллического фундамента убеждает, что следует оставить все мысли о существовании месторождений-гигантов в «докембрии». Эти уникальные месторождения возникли в полях планетарных тектонических напряжений [3].* Напряженность тектоники в Австралии доказывается глыбовым обособлением Большого водораздельного хребта. Структурным продолжением этого горного хребта является полуостров Тасмания, отделенный от Австралии проливом Басса и омываемый Тихим и Индийским океаном. Рудный пояс Маунт-Рид в Тасмании определяет размещение многометалльных месторождений-гигантов с участием колчеданных руд.

Месторождение Брокен-Хилл находится между городом Сиднеем и морским портом Аделаида, в контуре глыбового поднятия кристаллического фундамента, занимающего обширную площадь, около 5000 км<sup>2</sup>; поднятие возвышается над уровнем моря на высоту 300 м, оно ограничено от вмещающих палеозойских толщ тектоническими уступами [6]. В обнажившимся горно-породном комплексе Виллиами, представленном силлиманитсодержащими гранато-слюдяно-полевошпатовыми гнейсами, кремнистыми сланцами, слюдяными сланцами и амфиболитами, в начале XIX века была открыта гигантская рудная жила месторождения Брокен-Хилл [6]. Это месторождение с момента открытия и до 1924 г. дало 32 000 000 т добытой ценной сульфидной руды, содержавшей высокие концентрации меди, серебра, золота, свинца, цинка и кадмия. В среднем многометалльная руда содержала свинца – 14,4%, цинка – 11,7% и 167 г/т серебра [6]. В дальнейшем, на протяжении четверти века, добыча руды из этой гигантской жилы превышала 1250 000 т в год [6]. Состав пород горно-породного комплекса Виллиами указывает на полиметаморфизованное состояние наиболее древних членов этого комплекса, а насыщенность силлиманитом – это отражение термобарического метаморфизма, который, как показал Миясино, характерен для Японских островов, и сочетается с поясами глаукофанзеленосланцевого метаморфизма (форми-



рующимися синхронно с метаморфизмом низкого давления, но высокого термального градиента). Сочетание гнейсов со сланцами — это признак стрессовых полей и тектонической скученности разноглубинных и разновозрастных пород по причине термального вздутия фундамента. Значит, огромная жила Брокен-Хилла — это отражение невероятных по силе тектонических напряжений.

*Огромная жила Брокен-Хилла напоминала своими очертаниями в разрезах гигантского извивающегося питона, согласно описанию E.C. Andrews, использованному в сборнике К. Дэнхема [6], Открытию этой гигантской жилы Брокен-Хилла благоприятствовало случайное обнаружение обнаженной на поверхности ее окисленной части, представленной марганцовистой железной шляпой. Марганцовистый железняк прослеживался в полосу протяженностью почти в три километра. Простираение обнажившейся части жилы подчинялось зоне северо-восточного направления тектонической зоны, контролирующей мощную толщу очковых гнейсов и гранитизированных пород, пронизанных пегматитами, сопровождающими рудную жилу на всем ее протяжении. В процессе эксплуатации выяснилось, что глубинная часть рудной жилы Брокен-Хилла «контролируется сложной складчатой зоной волочения субмеридионального направления». Кварц-сульфидная и кварц-карбонат-сульфидная руда замещала перемятые глубинные породы, содержащие в изобилии силлиманит [6]. В жильном кварце примеси марганцовистого граната, родонита и флюорита отражают волочение зажатой на разных гипсометрических уровнях формирующейся в обстановке длительной сейсмоактивности жилы, которая утолщилась по причине способности жильного кварца в пластическому течению. Присутствие в рудной зоне Брокен-Хилла аплитов [6] служит указанием на внутрикамерную дифференциацию с участием магматических расплавов гранитного состава, в обстановке конвективного теплопереноса и интрателлурических флюидных потоков. Такая обстановка характерна для длительно дифференцированного, зрелого эпигерцинского фундамента.*

*Сейсмоактивное глыбово-складчатое основание определяет на территории Перу, в Южной Америке богатейшие сереброносные полиметалльные руды района Серро де Паско. Этот район представляет собой холмистую местность с неглубокими озерами, над которой возвышаются невысокие горы. Эта местность находится к востоку от покрытых льдом вершин Главного кон-*

тинентального водораздельного горного хребта Высоких Анд [6]. В районе Серра де Паско в течение нескольких столетий [6] разрабатывались *среброносные железные шляпы, сосредоточенные вдоль узкого пояса выжатых динамодислоцированных пород, среди которых размещается взрывчатая диатрема, диаметром около 1,5 км, заполненная обломками кварц-монцитовой породы*. Восточный край диатремы примыкал к протяженной линейно-зональной зоне северо-западного направления, прослеживаемой сбросовыми уступами на протяжении нескольких километров [6]. Можно считать, что эта диатрема обнажилась благодаря глыбовым перемещениям, что доказывается разновозрастностью пород в ее окружении, а также фактом локализации динамодислоцированной колчеданной руды «в изгибе между восточной и юго-восточной стенками взрывчатой диатремы» [6]. Колчеданная залежь возникла в стрессовой обстановке, поскольку образует серповидной формы изогнутое вокруг края жерловины рудное тело длиной 1800 м при ширине 300 м [6]. В «восточном контакте» колчеданной руды залежали пласты известняков с пирит-сфалерит-галенитовым оруденением [6]. Известняки были выявлены и в западном крыле выжатого горст-антиклинала, прослеживаемого поясом динамодислоцированных пород. Парагенезисы многочисленных рудных минералов округа Серро-де Паско сопоставимы с сереброносными медно-полиметаллическими рудами Рудного Алтая [2].

*В зоне Скалистых гор в Америке известен рудный округ Крипл-Крик, расположенный на высоте 3000 м.* В середине прошлого века этот округ объединял 64 рудника, разрабатывавших богатую теллуридами золота и серебра сульфидную руду с небольшими концентрациями самородного золота [6]. Главной рудо-локализирующей структурой этого округа служила воронка взрыва вулкана Крипл-Крик, размер воронки 3,2×4,8 км и она была заполнена брекчированной магматической массой. Основанием этого вулкана служило гранитизированное основание. Воронка взрыва завершалась «пробкой» пиролита продолжавшейся в глубину. Вулкан извергал дифференцированные глубинные расплавы – латит-фонолиты, фонолиты, щелочные базальты [6]. Среди обнажившегося глыбового фундамента встречались выходы сиенитов [6]. Ценная сульфидная руда локализовалась в трещинах брекчированной породы, но наиболее выдержанные жилы были связаны с трещинами в гранитах [6].

*Рудный Алтай не уступает Скалистым горам по высоте горных поднятий.* На Рудном Алтае в субмеридиональной зоне

линейного горного хребта, на левом берегу реки Лакшевка в 1725 г. рудознатцы открыли выходы богатой окисленной руды, представленной медной синью и зеленью и сереброносными охрами, и именно в районе Кольвани Акинфий Демидов построил свой первый медеплавильный завод. Окисленная руда, добывавшаяся во времена Демидова в районе Кольвани, образовалась над комплексной по составу рудой, содержащей медно-свинцово-висмутовые сульфосоли и халькопирит. Эта руда обогатилась медью в процессе окисления и содержала сереброносные охры с выделившимся на них переотложенным из серебряных минералов серебром, поэтому Демидов, втайне от царской казны, приступил к добыче серебра при попутной выплавке меди и свинца. Все построенные им за счет личных средств на Алтае горные заводы и все организованные им рудники были изъяты из его владения, когда по доносам стало известно, что Демидов добывает серебро и золото, и перешли в распоряжение Императорского Кабинета. Во времена Императорского Кабинета богатая медью, свинцом и серебром руда разрабатывалась в районе Сугатовско-Сургутаноского гранитного выступа. В 1970-е годы геологоразведчики обратили внимание на примесь шеелита в образцах полиметаллической руды, и учитывая, что Шемонаихинский горстовый выступ, расположенный в створе этой глыбовой полосы определял богатую металлами руду, начались активные поисково-разведочные работы, увенчавшиеся открытием в Успенской депрессии Юбилейного полиметаллического месторождения, богатого концентрациями попутных благородных и редких металлов.

Примесь редких металлов, молибдена и вольфрама (в виде шеелита) присутствует в некоторых полиметаллических месторождениях на Рудном Алтае, тяготеющих к гранитным массивам, и это сближает Рудный Алтай с Восточным Забайкальем [12].

*В Восточном Забайкалье полиметаллическое оруденение закономерно сочетается с молибден-вольфрамовым и оловянным оруденением в зонах напряженной тектоники.* Выводы Сергея Сергеевича Смирнова о «вспышках трещинообразования», возникшие в процессе работы в Восточном Забайкалье, — это реальное отражение невероятных по напряженности стрессовых полей. Доказательство стрессовых полей в Восточном Забайкалье — трещиноватость жильного кварца, вмятия блоков известняка в жилы, размазанность окисленных полиметаллических руд; и все эти явления можно объяснить только сейсмоактивностью

и глыбовыми передвижками кристаллического фундамента, продолжающимися донныне.

*На Рудном Алтае, в Золотушинском рудном районе, чудские племена в щелевидных трещинах, между блоками расчленившихся (вследствие сейсмоактивности фундамента) телами порфиоров, отрабатывали зажатые в трещинах руды, локализованные среди белой каолинизированной массы со скоплениями ярких охр.* Такие щелевидные зоны с каолинизированной массой распространялись на большую глубину. Бергайер Титов в 1783 г. по следам чудских работ выявил субширотную полосу обохренных сланцев. Разведка разрезами на Титовском участке показала, что со сланцами связана крупная рудоносная баритовая жила, а охры содержат серебро и свинец. Титовский рудник в Золотушинском районе разрабатывал до 1796 г. богатые серебром руды. Местность, где находится участок этого рудника представляет собой возвышенное ступенчатое плато, покрытое слоем наносной глины и песка, и возвышается над руслом реки Золотухи. На месте обрушенных горных выработок Титовского рудника образовалось озеро.

*По буграм — отвалам чудских работ обер-штейгер Михайлов открыл в Прииртышском районе Рудного Алтая рудник Чудак.* Участок этого рудника расположен на берегу небольшого ключа, впадающего в реку Березовку — правый приток Иртыша. На этом участке были найдены кирки чудских рудокопов, сделанные из прочной диоритовой породы пофирового сложения. Месторождение Чудак представлено раздутой рудной жилой мощностью до 8,5 м в раздувах, которая залегала среди афировых риолитов (фельзитов), и в жиле были зажаты обломки каолинизированных пород. Многочисленные апофизы фельзита рассекали жилу месторождения Чудак, что указывает на дислокации в обстановке длительной сейсмоактивности и вытеснение афировых риолитов (фельзитов). Раздутая сереброносная рудная жила с пережимами нагнеталась с фельзитами, потому что уже на глубине 133 м жила резко выклинивалась и утонялась до 0,35 м мощности. Месторождение Чудак разрабатывалось во времена Императорского Кабинета почти 30 лет, с 1862 по 1890 гг. (жила прослежена горными работами на 85 м, а вкрест простирания — на 65 м). Раздутая жила с сереброносными охрами разрабатывалась на Генриховском руднике в конце XVIII в., в районе слияния рек Золотухи и Грязнушки. В пестрой обохренной каолинизированной массе содержались обломки вдавленного жильного кварца и обломки дислоцированных известняков.

*На Орловском колчеданно-полиметаллическом месторождении в районе города Жезкента в Прииртышском районе Рудного Алтая* минерализованные сульфидами зоны скарнов закономерно связаны с гранодиоритами, приуроченными к межконтактовым зонам на уровне блоков с ранним и средним палеозоем. Скарновые зоны пересечены кварцевыми жилами, nasledующими разрывные трещины. Сульфидному оруденению сопутствует развитие в скарных породах эпидота, цоизита, клиноцоизита, хлорита и кварца. Эти минералы – индикаторы разложения скарнов в процессе пропилитизации, сопровождавшей субвулканическую деятельность, происходившую в условиях глыбовых перемещений неоднородного кристаллического фундамента. Динамическое вытеснение порфировых интрузий произошло только в местах напряженной тектоники, в силу выжимания, в ходе активных горообразовательных процессов. Щелевидные трещины являются признаком сжатия линейных рифтогенных рвов. Рост купольных вздутий происходил гидравлическим путем при участии ориентирующего бокового давления и сейсмоактивности, а затем происходило выжимание купольных вздутий в процессе эжективной тектоники.

Динамический рост купольных поднятий риолитов в условиях напряженной тектоники намечается и в Японии, где молодые вулкано-плутонические поднятия, сочетаются с выходами кислых вулканогенных пород и двуслюдяных гранитов. Этим гранитам сопутствует оловянное оруденение, например, в рудном поясе, который протягивается через большую часть острова Хонсю. Олову сопутствуют вольфрам и медь. Наряду с касситеритом встречается и шеелит.

*В районе Балтийского щита сложный узел сочленения складчатых направлений разного возраста намечается в районе Ладожского озера и Ботнического залива [3].* Редкометалльно-полиметаллические руды, сопоставимые с забайкальскими, известны в районе Питкяранты [3]. Комплексные медно-вольфрам-молибденовые руды известны в Финляндии. Примером служит месторождение Илеярви в районе города Темпере. Из руд месторождения Илеярви, согласно опубликованным данным, было добыто 4 000 000 т руды, а из этой добытой руды получено 894 т шеелитового концентрата, выплавлено 48,5 т серебра и 28 000 т меди.

*Напряженность тектоники в Карелии доказывается наличием раздутых и пережатых рудных жил с участием жильного квар-*

ца. С трещиноватым кварцем в Южной Карелии ассоциируют участки редкометалльно-золото-полиметаллического оруденения, представленного пиритом, пирротинном, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, минералами кобальта, никеля, свинца, серебра, теллуридами. Этим рудам в локальных зонах сопутствует кустовое высокопробное самородное золото (пробность 840–960).

*Планетарная зона тектонических напряжений находит выражение на территории Рудных гор, где выжатым гнейсовым куполам сопутствуют ныне выработанные сереброносные жилы, содержавшие самородный мышьяк и урановую руду. Этот район характеризуется очень напряженной тектоникой и выжиманием интрузий кварцевых порфиров, которые местами пересекают жильобразные тела полиметалльных руд [1]. Сереброносная руда в районе Рудных гор в составе жильной массы имела кварц, барит, кальцит, халцедон, флюорит, а рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, никелином. Эта руда содержала участками скопления висмутина, самородного висмута, самородного золота, минералы серебра, в основном аргентит, пираргирит, самородное серебро, кераргирит [1]. Средневековые рудокопы, принимая арсенид никеля за богатую медную руду (поскольку этот минерал дает подобно медному колчедану и самородной меди сплошную однородную массу в большом количестве), при всем своем старании не могли выплавить из такой руды меди (а эта руда ее и не содержала). Они пришли к выводу, что злой горный дух «путает руду», превращая ее в «Ничто» (по-немецки «Nichts»), Русские рудознатцы перефразировали это немецкое слово в «нихель» и назвали арсенид никеля «купфернихель», потому что никелин встречается в графических сростаниях с халькопиритом и порой все же содержит примесь меди.*

Сплошные массы однородного сплошного и колломорфного никелина встречались автором в штучных образцах руды, привезенной из золоторудных районов Кузнецкого Алатау. Никелину сопутствуют арсениды кобальта. Соединения кобальта и никеля с медью и мышьяком встречались и в рудах в Прииртышского районе Рудного Алтая.

*Радиально-лучистые агрегаты вюртцита, в большом количестве присутствующие в огромнейшей пологой части Крещенской рудной залежи Николаевского месторождения на Рудном Алтае, подчиненной расширенному жерловому каналу наводят на мысль об обогащении обломочной колчеданно-полиметаллической руды*

*в период вулcano-тектонической активизации.* Радиально-волокнистые агрегаты вюртцита подобны вюртцитам, которые впервые были найдены в рудах Германии.

*Молодой возраст наиболее концентрированного оруденения на Рудном Алтае доказывается фактами.* Прежде всего, обращают внимание тонкодисперсные фазы, которые обособляются в виде частиц по плоскостям граней разросшихся из твердой среды кристаллов. Такие дисперсные фазы наблюдаются в репликах, изученных с помощью электронного микроскопа. Фотоснимки поверхности этих реплик показывают, что дисперсные фазы ориентированы согласно плоскостям блоков в главном кристалле. Дисперсные фазы подтверждаются рентгеновскими методами и выявляются в галените, халькопирите, в сфалерите. Дисперсные фазы имеют другие кристаллографические очертания. В пластически деформированных кристаллах, — в галените и халькопирите, происходит рост новых более мелких кристалликов тех же минералов из твердых фаз деформированного кристалла. В трещинках встречаются и мелкие кубические кристаллики пирита, наблюдаемые в отраженном поляризованном свете в аншлифах с помощью рудного микроскопа.

*Признаки метаморфизма в рудноалтайских рудах — это не признаки регионального метаморфизма и древности руды, а отражение тектоно-геодинамических процессов кардинальной перестройки фундамента и планетарного поля тектонических напряжений. Новый этап минералообразования фиксируется ответвлением дендритовидных отростков, появлением скелетных кристалликов, образованием в мелких трещинках нитевидных сульфидных и кварц-карбонатных прожилков, пересекающих массивную колчеданно-полиметаллическую руду и вмещающие ее дислоцированные породы. Все эти факты — свидетельство неоднократного продолжения рудообразующего процесса в зонах напряженной складчатости высших порядков. Идеально ограненные кристаллы пирита, сфалерита, галенита, арсенопирита, глаукодода, марказита, куприта, халькозина — это метакристаллы (идиобласты), возникших в твердой среде того же состава, при подпитке новыми порциями минерализующих растворов. А следы коррозии рудных минералов и замещения более поздними минералами — не оставляют сомнений о продолжении рудообразующего процесса. Немыми свидетелями возобновления рудообразования служат псевдоморфозы; пирит замещает ранее возникшие метакристаллы*

*марказита, а разрастающиеся псевдоморфозы пирита содержат остатки сфалерита, галенита, халькопирита и других сульфидов. В Таловском месторождении встречались сфалериты, проросшие пластинками актинолита (лучистого амфибола). Прорастание руды пластинками тремолита и амфибола характерно для месторождений колчеданного типа на Среднем Урале и свидетельствует также о тектоно-геодинамических процессах, связанных с планетарным полем тектонических напряжений.*

*Продолжению рудообразующего процесса на Рудном Алтае способствовало вытеснение древних палеопостроек и связанной с ними колчеданной руды при динамическом росте порфиоров и вытеснении гранитов. О наличии ранее сформированной колчеданно-полиметаллической руды, участвующей в глыбовой складчатости высших порядков, свидетельствуют такие явления, как катаклиз, развальцевание, зеркала скольжения в колчеданно-полиметаллической руде, спрессованной из обломков, пластические деформации галенита и халькопирита. Явления крустификации обломков руды корками пористого барита.*

Мировую славу Рудный Алтай приобрел благодаря серебряносным рудам, не уступающим рудам Мексики и Перу. *Первые исследователи серебряносных руд Змеиногогорского месторождения выявили серебряные минералы, подобные Рудным горам. В 1802 г. Герман выявил мышьяковую серебряную обманку (прусит). Красная серебряная руда, имеющая характерные карминово-красные внутренние рефлексы (пираргирит), описана в рудах Змеиногогорского месторождения в 1798 г. Георги. Паллас в 1771—1776 г. описал фрейслебенит. В 1844 г. Эйхвальд выявил в Змеиногогорской руде серебро-сурьмяный блеск (миаргирит). Фальк обнаружил черную серебряную руду (стефанит). Рамдор описал похожий на борнит минерал, названный вначале оранжборнитом, потому что в скрещенных николях в отраженном свете он дает не розовый цвет, как у борнита, а оранжевый. Это реньерит. (Реньерит описан Е.Е. Захаровым и С.А. Юшко в составе руды Карпушского месторождения на Среднем Урале, расположенного у горной гряды Карпушинский Камень на Среднем Урале).*

На Рудном Алтае самородное серебро встречается в жильном барите, ветвистые выделения серебра наблюдались в пустотах халькозина, в сростках с серебристым золотом, в охристых рудах. Самородное серебро встречается совместно с самородной медью и такое явление характерно для вовлеченного в эксплуатацию Рубцовского месторождения, где геологи об-



наружили хорошо ограненные йодиды меди и прекрасные по своей огранке кристаллы куприта; дендриты серебра совместно с самородной медью.

Геотермальные источники действуют на острове Челекен, возникшем над купольным геотермальным вздутием. По опубликованным данным, термальные рассолы хлоридно-натриево-кальциевого состава имеют в своем составе углеводороды, водород и азот. Искусственное смешивание металлонесных рассолов с сероводородными водами приводит к осаждению на стенках технических чанов сульфидов цинка, кадмия, железа и меди. И это факт дает нам ключ к разгадке генезиса бонанцевых руд на Рудном Алтае. Бонанцевым концентрациям помогли эшелонированные колчеданные залежи, связанные со структурами деструкционного тектогенеза, они длительно омывались напорными активно циркулирующими нагретыми водами, насыщая их сероводородом. Длительная циркуляция термальных вод, насыщенных сероводородом и связанных с отмирающим геотермальным очагом, а также длительная сейсмоактивность глыбового грабеноподобного кристаллического фундамента, продолжающаяся донныне, — вот главные факторы формирования уникальных по масштабам ценных металлов рудноалтайских месторождений. Приток углеводородов доказывается проявлением нефти в районе Зайсанской межгорной котловине.

*Именно долгоживущие геотермальные центры способствовали концентрации ценного многометалльного оруденения.* Примером служат геотермальные источники в западных штатах США, сопоставимые с термальными источниками нашего острова Челекен. В США всемирно известные геотермальные хлоридно-натриевые источники Стимбот пробиваются сквозь андезитовые туфобрекчии и гранодиоритовые породы верхней части геологического разреза и с ними связано отложение золото-серебро-сульфидных ассоциаций. Сульфиды представлены минералами сурьмы, мышьяка, ртути. В кремнисто-илистых отложениях содержание серебра достигало 400 г/т.

*Присутствие в рудноалтайских месторождениях мышьяка, серебра, сурьмы — неорровержимое доказательство, что в завершающий этап гидрогенного рудообразования обстановка связана с геотермальными источниками.* Ветвистые дендриты серебра встречались в пустотах халькозина, самородное серебро в сростках с электрумом — в Березовском месторождении. В Зырянском — самородное серебро в жилках в тетраэдрите. Встречался дикразит (антимонид серебра) в дисперсных прорастаниях в га-

лените и сфалерите. На Рудном Алтае аргентит замещает и корродирует галенит и блеклую руду, образует включения в кварце и каемки вокруг галенита и халькопирита.

На Рудном Алтае распознаются и признаки гидрогенного переотложения сульфидов. Это переотложенный рыхлый тонкозернистый галенит в виде колломорфно-зональных отложений и полосок в составе колчеданно-полиметаллической сплошной руды, испытавшей тектонические деформации. Гидрогенный галенит наблюдался и в виде оторочек вокруг смитсонита. На Николаевском колчеданно-полиметаллическом месторождении полосчатые участки и натечные образования дают «скорлуповатый сфалерит» гидрогенного происхождения, он отличается от обычного сфалерита плохой способностью к полировке.

Отдельные разности блеклых руд на Рудном Алтае отличаются примесями теллура, серебра и ртути выше кларковых значений. В блеклых рудах фиксируются примесь кобальта, селена, кадмия, марганца за счет тонкодисперсных кристаллических фаз, прорастающих ранее сформировавшиеся рудные минералы.

*Многометалльное оруденение сопутствует гранитам высокой теплогенерации и закономерно сопровождается концентрациями урана и тория, которые служат индикаторами долгоживущих эндогенных центров.* На Аляске урановое оруденение сопутствует гранитам, обогащенным торием, ниобием и фтором и присутствует в сопровождающих эти граниты аплитах и пегматитах (плутонический массив Бокан-Маунтин) [9]. Массивы, подобные Бокан-Маунт были установлены на востоке США в пределах пояса выжатых плутонических пород, — районы Джорджия, Северная и Южная Каролина, Виргиния [9].

В Южной Австралии, в районе Аллигейтер-Ривер урановое оруденение ассоциирует с арсенидами и селенидами кобальта, никеля, меди. Урановые руды содержат свинец, висмут, молибден и находятся в напряженной тектонической обстановке, подтверждаемой сбросами и зонами брекчирования.

В Римской урановорудной провинции урановые месторождения локализуются в заполненных аллювиально-озерными осадками котловинах между долгоживущими вулканическими центрами. Уранитит ассоциирует с торием и накопился за счет размыва обогащенных радиоактивными компонентами вулканических пород, связанных с долгоживущими вулканическими центрами.

В Нигерии молодые граниты ассоциируют с позденепалеозойскими гранитами [9]. Молодые граниты с биотитом и гасдингситом прорывают «вулканогенные породы кислого и основного состава» образуют штоки и купола в пределах меридионального пояса на плато Джос, где сосредоточены оловянные месторождения, связанные с грейзенами и сопровождаемые сульфидным оруденением [9]. С молодыми гранитами связаны вкрапленники торита, ксенотима, колумбита [9]. В штате Миссури, в Америке, оловянное оруденение массива Сан-Франсис, связано с биотитовыми гранитами, ассоциирующими с кислыми вулканогенными породами [9]. В Мексике, в Боливии, в северо-западных районах Аргентины, на западе США натечные формы касситерита локализованы в риолитовых телах, выжатых в жерла вулканов.

### **Выводы**

1. Сопоставимость вещественного состава многометалльных месторождений важнейших провинций мира неслучайна и находит объяснение в образовании всемирного поля тектонических напряжений [7, 8, 10], вызванных долгоживущими эндогенными центрами, благодаря которым возникли граниты высокой теплогенерации. Под гранитами образовались расслоенные плутоны. Над плутонами возникли кальдеро-вулканы и субвулканы, способствовавшие мобилизации ценных металлов.

2. Многометалльные месторождения следует признать метаморфогенно-гидротермальными с участием гидрогенных руд. Рудный метаморфизм является локальным и обусловлен локальными геотермальными аномалиями и полем планетарных тектоно-геодинамических процессов.

3. Урановое и ториевое оруденение – надежный индикатор бонанцевых многометалльных руд, связанных с гранитами высокой теплогенерации.

4. Эпейрогенические движения в значительной степени искажают в глыбовых областях последовательность формирования горно-породных комплексов, благодаря чему разновозрастные и разноглубинные руды оказываются пространственно совмещенными.

5. Комплексные руды многометалльных месторождений являются весьма сложными и по вещественному составу, и по структурно-текстурным признакам, крайне изменчивы по концентрации ценных главных и попутных компонентов. Пере-

работка неизбежно происходит с потерями ценных металлов, поэтому на повестке наших дней давно назревшая необходимость изучения мирового опыта имеющихся новых технологий добычи и наиболее оптимальных технологических способов и приемов, обеспечивающих полноту добычи руд и извлечения их ценных компонентов. Особое внимание требуют «упорные» руды с тонкодисперсными примесями благородных и редких металлов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнов С.Н. Геология Европы. — М.-Л.: ОНТИ, 1935.
2. Воробьёва С.В. Геотектонические предпосылки формирования промышленных сульфидных залежей на Рудном Алтае // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 1. — С. 306–312.
3. Воробьёва С.В. «Коллизионная» структура земной коры в районе Балтийского щита и геологическая позиция главнейших месторождений // Отечественная геология. — 2015. — № 1. — С. 30–40.
4. Воробьёва С.В. О молибденсодержащих сульфидных рудах Восточного Оренбуржья // Руды и металлы. — 2005. — № 4. — С. 43–48.
5. Вьюрюнен Х. Кристаллический фундамент Финляндии. — М.: ИЛ, 1959.
6. Геология, парагенезис и запасы руд зарубежных месторождений свинца и цинка. Сборник статей / Под ред. К. Дэнхема. — М.: ИЛ, 1951.
7. Де Ситтер Л.У. Структурная геология. — М.: ИЛ, 1960.
8. Красный Л.И. Глобальная система геоблоков. — М.: Недра, 1984.
9. Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. — М.: Мир, 1984.
10. Пущаровский Ю.М. Планетарная экспансия тектоно-геодинамических процессов Индо-Атлантического сегмента в пределы Тихоокеанского сегмента // Геотектоника. — 2002. — № 1. — С. 3–12.
11. Рамберг Х. Сила тяжести и деформации в земной коре. — М.: Недра, 1984.
12. Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. — М., 1961. **ГИАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Воробьёва Светлана Васильевна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, горный инженер-геолог,  
e-mail: vorobjevasv@mail.ru.

**EVOLUTION OF THE CRYSTAL BASE  
AND FORMATION MULTICOMPONENT DEPOSITS  
OF CLUMPY GRANITE AREAS**

Evolution of the crystal base has come to the end in areas of long volcano-plutonic activity with formation high termogenous granite. Global placement multicomponent deposits is defined by clumpy granite areas which are under control of the world field of tectonic strains. It is necessary to recognise multicomponent deposits metamorphogenetic-hydrothermal. To these deposits accompanied by concentration of uranium and thorium.

Key words: the crystal base; granites high termogenous; the world field of tectonic strains; multicomponent deposits.

**AUTHOR**

Vorobyova S.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, Mining Engineer-Geologist, e-mail: vorobjevasv@mail.ru, Saint-Petersburg, Russia.

**REFERENCES**

1. Bubnov S.N. *Geologiya Evropy* (Geology of Europe), Moscow-Leningrad, ONTI, 1935.
2. Vorobyova S.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 1, pp. 306–312.
3. Vorobyova S.V. *Otechestvennaya geologiya*. 2015, no 1, pp. 30–40.
4. Vorobyova S.V. *Rudy i metally*. 2005, no 4, pp. 43–48.
5. Vyayuryunen Kh. *Kristallicheskiy fundament Finlyandii* (Crystalline basement of Finland), Moscow, IL, 1959.
6. *Geologiya, paragenезis i zapasy rud zarubezhnykh mestorozhdeniy svintsa i tsinka*. Sbornik statey. Pod red. K. Denkhema (Geology, paragenesis and reserves at foreign deposits of lead and zinc. Collection papers. Denkhem K. (Ed.)), Moscow, IL, 1951.
7. De Sitter L.U. *Strukturnaya geologiya* (Structural geology), Moscow, IL, 1960.
8. Krasnyy L.I. *Global'naya sistema geoblokov* (Global system of geoblocks), Moscow, Nedra, 1984.
9. Mitchell A., Garson M. *Global'naya tektonicheskaya pozitsiya mineal'nykh mestorozhdeniy* (Global tectonic position of mineral deposits), Moscow, Mir, 1984.
10. Pushcharovskiy Yu.M. *Geotektonika*. 2002, no 1, pp. 3–12.
11. Ramberg Kh. *Sila tyazhesti i deformatsii v zemnoy kore* (Force of gravity and deformation in the crust), Moscow, Nedra, 1984.
12. Smirnov S.S. *Polimetallicheskie mestorozhdeniya i metallogeniya Vostochnogo Zabaykal'ya* (Complex deposits and metallogeny in the East Transbaikalia), Moscow, 1961.

