

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕСОГЛАСИЯ

М.Н. Афанасов

Амурский комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Благовещенск

Введение

Руда представляет собой природное образование с аномально высокой концентрацией химического элемента. Такая концентрация, противоречащая энтропийному процессу, которому следует геологическое развитие планеты Земля, требует привноса энергии в околорудное пространство. Еще в тридцатых годах прошлого века В. И. Вернадский подчёркивал это обстоятельство и указывал, что источником энергии геологических процессов служит внутренняя энергия Земли и энергия Солнца. Внутренняя энергия ответственна за образование эндогенных руд, солнечная – за экзогенные. Естественно, что по своим последствиям наибольший геологический интерес для металлогении будут представлять те границы, где встречаются или встречались в геологическом прошлом указанные два фронта энергии, то есть региональные поверхности несогласия.

Структурно-стратиграфические несогласия

Поток внутренней энергии через литосферу неоднороден и по времени (тектонические циклы и периоды тектоно-магматической активизации – ТМА), и в пространстве (подвижные области и платформы). В данной работе нас, прежде всего, будут интересовать неоднородности в геологическом разрезе, при переходе от одного регионально развитого комплекса к другому, вышележащему. Обычно они представлены структурно-стратиграфическими несогласиями (СН) на границе щитов и осадочных плитных комплексов. Аналогично этому СН присутствуют в структурах типа срединных массивов. В краевой части щита предполагается, что осадочный чехол здесь был в геологическом прошлом и практическое значение имеет величина эрозионного среза; в сохранившемся осадочном чехле практическое значение имеет глубина залегания СН, доступная горной промышленности.

Особого внимания заслуживает СН в основании погребенных рифтогенных бассейнов конца позднего карелия-начала рифея (1,9-1,6 млрд лет), ибо это был период наиболее активного выделения внутренней энергии Земли после образования первичной литосферы. Структуры, заложенные в этот период, что отмечал еще Г. Штилле [14], проявляют себя как долгоживущие тектонические зоны, часто выраженные геоморфологически. Естественно ожидать, что это был период интенсивной магматической и флюидной деятельности и образования первичных геохимических

фоновых концентраций в осадочных бассейнах в зонах наибольшей подвижности литосферы, в частности в зарождающихся континентальных рифтах [9, с. 431]. Последние, в свою очередь, унаследовали наиболее тектонически ослабленные, подготовленные зоны раннего протерозоя, которые в современной структуре кристаллического фундамента получили наименование «тектоно-флюидных зон» [11], и которые обычно, также как и осадки рифтов, характеризуются фоновой повышенной металлоносностью.

Высказанные теоретические построения базируются на большом опыте поисков урана в мире и в бывшем СССР. В урановую металлогению, которая была призвана обслуживать беспрецедентно широко развернувшиеся поиски урана в СССР, вкладывались средства несравненно большие, чем в остальные рудные отрасли, в результате чего были получены выдающиеся результаты. Однако тотальная засекреченность работ данного направления не позволила адекватно использовать накопленный опыт и знания.

«Одним из наиболее важных и экономически рентабельных источников урановорудного сырья в настоящее время являются месторождения типа несогласий...» [7] (рис. 1, 2). Их открытие на Канадском щите в провинции Атабаска в 70-х годах XX века вызвало в СССР волну интенсивных поисков аналогичных типов в краевой части Балтийского и Алданского щитов.

В последнее время неоднократно обращалось внимание [2, 11, 9] на ассоциацию урана с элементами глубинного происхождения: Pt, Cr, Ni, Au, V, C (алмаз, графит, шунгит). Эта группа элементов связана с потоками глубинных флюидов, появляющихся в периоды тектоно-магматической активизации структур древнего (1,9-1,6 млрд лет) заложения. Такова в общих чертах схема образования месторождений урана и других металлов вблизи СН. Как справедливо замечает В. П. Феоктистов [9, с. 432], рассматривая проблему месторождений вблизи СН с позиций общей металлогении, «огромные размеры месторождений и своеобразное сочетание металлов в рудах определяют большой диапазон предполагаемых источников гидротермальных растворов и путей их движения»... Данный тип месторождений рассматривается «как перспективный ... на новые и нетрадиционные типы рудных месторождений».

Чтобы показать универсальную роль СН в образовании рудных месторождений различных элементов, необходимо обратиться к фактическим

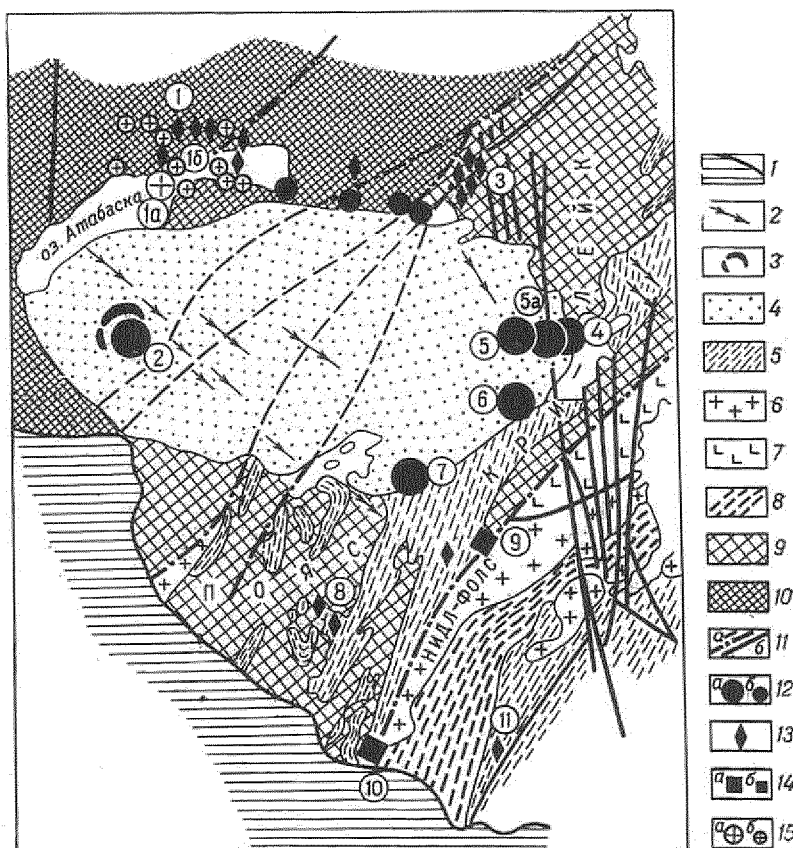


Рис. 1. Схема геологического строения провинции Атабаска. По Дж. Хову, Т. П. Зиббальду, Р. Д. Мандею [8].

1 – граница Канадского щита; 2 – дайки диабазов; 3 – кольцевая структура Карсуэлл; 4 – область распространения формации Атабаска (PR₃); 5 – нижнепротерозойские складчатые комплексы; 6 – граниты (PR₁); 7 – габбро (PR₁); 8 – мигматиты (PR₁); 9 – переработанный архейский фундамент; 10 – область распространения пород группы Тейзин (AR-PR₁); 11 – разломы: а – доатабасские; б – поатабасские; 12 – месторождения (а) и рудопроявления (б) урана «типа несогласия»; 13 – то же, пегматитовые; 14 – то же, неясного генезиса; 15 – то же, жильные.

Месторождения: 1 – района Биверлодж (1а – Гуннар, 1б – Эйс-Фей), 2 – Клафф-Лейк, 3 – Шарлебуа-Лейк, 4 – Раббит-Лейк, 5 – Мидкуэст-Лейк (5а – Маклин-Лейк), 6 – Уэст-Бер, 7 – Ки-Лейк, 8 – Кри-Лейк, 9 – Барбидж-Лейк, 10 – Дадридж-Лейк, 11 – Лак-ла-Ронж

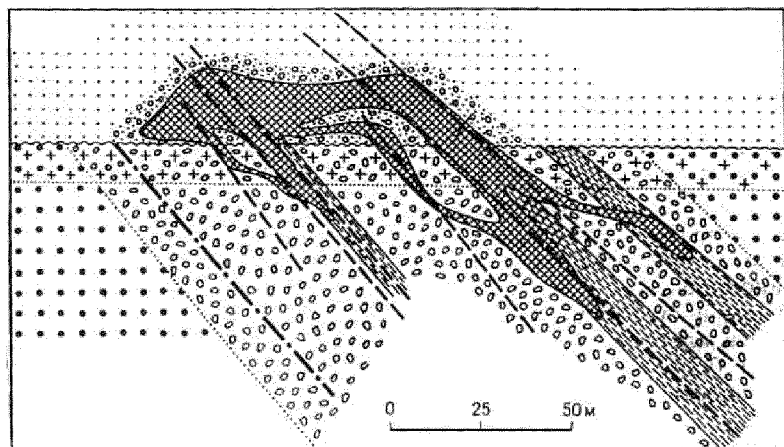
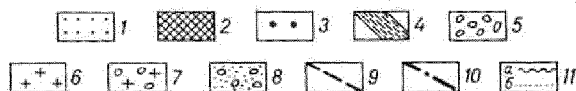


Рис. 2. Схема расположения рудных тел на месторождениях «типа несогласия» – Раббит-Лейк, Ки-Лейк и др. [8].

1 – формация Атабаска; 2 – рудное тело; 3 – неизменные гнейсы нижнепротерозойского фундамента; 4 – графитовые сланцы; 5 – измененные породы фундамента; 6 – реголиты; 7 – измененные реголиты; 8 – измененные породы формации Атабаска; 9 – сбросы; 10 – надвиг Раббит-Лейк; 11: а – региональное несогласие, б – границы распространения измененных пород, в том числе реголитов



данным по разным регионам.

Южный край Балтийского щита, месторождение Карку (рис.3). Месторождение Карку приурочено к восточному борту Пашско-Ладожского рифейского грабенообразного прогиба, унаследовавшего северо-западную раннепротерозойскую региональную Ладожско-Ботническую зону разрывных дислокаций. Эта структура древнего заложения пересечена палеозойско-мезозойской зоной северо-восточных разломов, одной из составляющих широкой Балтийско-Мезенской зоны тектоно-магматической активизации (ТМА). По данным исследователей ВСЕГЕИ (К.Э.Якобсона и А.П.Казака),

вмещающие месторождение Карку рифейские осадочные породы, перекрывающие кристаллический фундамент, характеризуются проявлением флюидно-катаклизических структур, характерных для алмазоносных образований. На поверхности, над месторождением Карку известен шлиховой ореол спутников алмаза [1]. Далее не северо-восток в краевой части Балтийско-Мезенской зоны ТМА на севере Онежского озера в пределах северо-западной зоны дислокаций раннего протерозоя в протерозойском прогибе, выполненном метаморфизованными осадками, залегающим на архейском гнейсовом фундаменте,

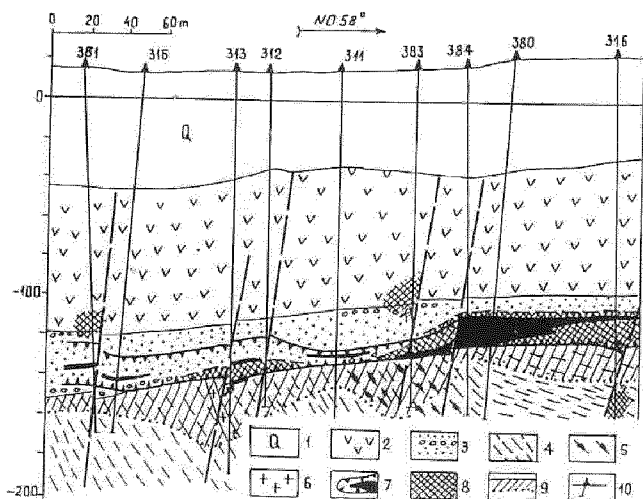


Рис. 3. Геологический разрез через центральную часть месторождения Карку [16].

1 – четвертичные отложения; 2 – базальты; 3 – песчаники с прослоями конгломератов; 4 – графитсодержащие биотитовые гнейсы; 5 – графитистые сланцы; 6 – граниты рапакиви; 7 – контуры рудной залежи и положение богатых руд; 8 – участки карбонатизации пород; 9 – кора выветривания; 10 – буровые скважины

располагается крупнейшее месторождение ванадия с ураном, платиноидами и золотом Средняя Падма [12] и ряд проявлений алмазов. Месторождение Средняя Падма и окружающие его аналогичные проявления, находки алмазов в этом районе находятся в обширном поле шунгитовой минерализации. По мнению С. С. Наумова [12], эти проявления ванадия и урана могут быть сопоставлены с австралийским типом месторождений вблизи ССН, таких как Олимпик-Дам.

В Восточной Сибири в пределах Алданского и Анабарского щитов тоже проводились поиски месторождений вблизи ССН. В последнее время этот вопрос разрабатывается сотрудником ВСЕГЕИ А. В. Молчановым при финансовой поддержке АПРОСА. Получены обнадеживающие прогнозные результаты [11] обнаружения комплексных золото-урановых месторождений вблизи ССН между осадочными отложениями нижнего протерозоя, рифея и венда и архейским кристаллическим фундаментом. Но, по мнению А. В. Молчанова, промышленные концентрации металла на Алданском щите здесь следует ожидать в связи с мезозойской ТМА. Одними из наиболее перспективных участков в западной части Алданского щита следует назвать Угуйский грабен и Олдонгсо, приуроченные к несогласию между нижним (?) протерозоем и археем (рис. 4). Угуйский грабен в западной части Алданского щита, выполненный протерозойским песчаником, перспективен на уран-золотые руды типа ССН (глубина 350-360 метров). Выше них по разрезу сероцветных песчаников (в поле красноцветов) с линзами доломитов и алевролитов и участками железисто-кремнисто-карбонатных брекчий, среди последних на интервале около 60 метров вблизи дневной поверхности вскрыта зона медной минерализации, сопровождаемая глинистым

хромсодержащим минералом волконскоитом (рис. 4). Брекчии с волконскоитом, зона осветления красноцветов и в них медная минерализация в разрезе образуют воронкообразное тело, что очень похоже (судя по нашему опыту в Приладожье [1]) на верхнюю часть взрывного воздействия глубинного флюида, сопровождаемого осветлением красноцветов в процессе низкотемпературной аргиллизации. На конечных стадиях такого взрывного процесса образуется обширный фронт аргиллизитов, включая хромсодержащие глины, которые могут указывать на глубинные ультрабазиты, послужившие субстратом для них. Проявление Угуйского грабена В. П. Феоктистов [9, с. 430-433] параллелизует с комплексными (Cu-Au-U) месторождениями вблизи ССН типа Олимпик-Дам (Южная Австралия).

С севера архей Алданского щита перекрыт вендскими осадочными породами. Это ССН по имеющимся данным также прогнозируется [12] на месторождение золота и урана вблизи поверхностей несогласия (Куранахский участок). Известное здесь золотое месторождение находится в верхней части разреза венда на границе с перекрывающей юрой.

В восточной части Алданского щита краевые части Угуйского прогиба рифейского возраста характеризуются проявлениями урана с золотом, есть и уран-ванадиевые проявления.

По всему Алданскому щиту протерозойские концентрации рудных элементов вблизи ССН следует рассматривать как «базовые» [13], на материале которых возникли богатые руды эпохи ТМА.

В пределах Монголо-Охотской области в Приаргунском срединном массиве [4] в роли «базовых» концентраций рудных элементов следует рассматривать предрифейские метаморфизованные и гранитизированные коры выветривания в пределах Урулунгуйского и Уровского блоков, на базе которых в период мезозойской ТМА возникли месторождения урана с молибденом и ордитом в аргиллизитах, связанных с проявлениями базальт-риолитовой ассоциации вулканитов.

Анализ литературных и собственных данных по месторождениям вблизи ССН, краткий обзор которых приведен выше, позволяет выделить две группы проявлений: типичные (Канадского типа или Карку в России) месторождения ССН и регенерированные в связи с мезозойской ТМА (щиты Сибирской платформы, срединные массивы Монголо-Охотской подвижной области, включая, видимо, Буреинский массив и др. [12]). Некоторые исследователи склонны параллелизовать обстановку на щитах Сибирской платформы с Австралийским типом месторождений вблизи ССН и сравнивать перспективы отдельных участков этих провинций с уникальным комплексным месторождением Южной Австралии Олимпик-Дам.

На всех месторождениях четко прослеживается связь рудообразующих процессов с периодами наиболее активного эндогенного развития Земли в конце раннего протерозоя – начале рифея (1900-1600 млн лет), в подвижных областях активное развитие продолжалось до конца рифея. В это время создавалась «база» для

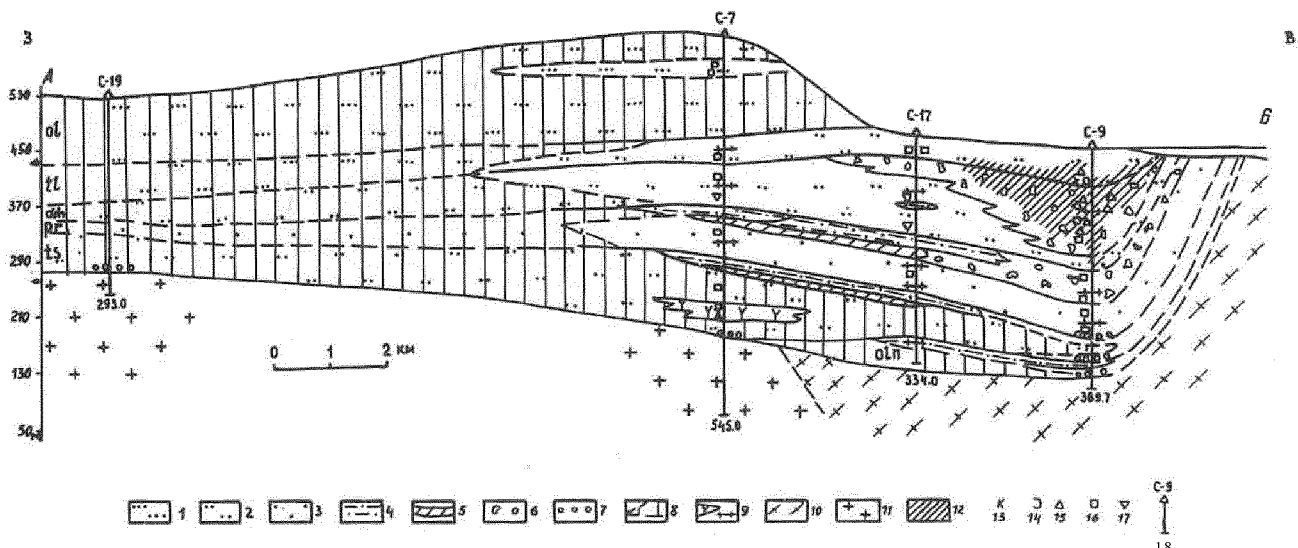


Рис. 4. Геологический разрез борта Угуйского грабена. Составлен В. П. Феоктистовым [10].

1-7 – породы нижнепротерозойского (?) угуйского комплекса: 1 – полимиктовые песчаники прибрежно-аллювиальной равнины, 2 – олигомиктовые песчаники прибрежного мелководья и аллювиально-дельтовые, 3 – мономиктовые песчаники прибрежного мелководья эпиконтинентального бассейна, 4 – алевролиты зон спокойной седиментации эпиконтинентального бассейна, 5 – доломиты зоны бассейнового карбонатоосаждения, 6 – железисто-кремнисто-карбонатные брекчии, 7 – конгломераты, гравелиты прибрежно-морские; 8 – красноцветные породы, 9 – мезозойские силлы и дайки щелочных пород, 10-11 – архейский фундамент: 10 – гнейсы, 11 – граниты; 12 – зона медной минерализации; 13 – ковеллин; 14 – борнит; 15 – халькопирит; 16 – пирит; 17 – волконкоит; 18 – буровые скважины. Свиты: олп – олонгитская; ts – туостайская; pr – правдинская; am – амнунинская; tl – телизская; ol – олоноконская

регенерированных в периоды ТМА гидротермальных руд. Для восточных районов Сибири промышленные руды различных металлов соответственно с периодами ТМА имеют юрско-меловой возраст. От Бурятии к Тихому океану возраст ТМА омолаживается от среднего палеозоя до позднего мела.

Зоны рудоподводящих разломов

Изучение месторождений вблизи ССН приводит к выводу о необходимости в прогнозных и поисковых работах учитывать определяющие энергетические и минерогенические характеристики фундамента и осадочного чехла. Таковыми являются прежде всего значения градиента теплопроводности, различные для фундамента и осадочного чехла платформ. Тепловой поток может осуществляться индуктивным и конвективным путями. Чем плотнее геологическая среда, тем интенсивнее индуктивный поток (рис. 5). Если монолитный плотный фундамент нарушен разрывными нарушениями, проводящими теплонесущий флюид (любую подвижную фазу геологического вещества), то тепловой поток будет конвективным путем «стекать» по этим зонам, которые одновременно являются проводниками восходящих вместе с теплом к верхним слоям литосферы глубинных рудообразующих компонентов.

На характеристике таких зон следует остановиться подробнее. На щитах это, прежде всего, широкие (до первых десятков километров) флюидно-катакlastические зоны длительного развития, как правило, в фанерозое проявленные зонами разломов и контролируемые ими магматическими образованиями. Такие структуры

изучались нами на примере Тукурингской зоны глубинного разлома (хребет Тукурингра), простирающейся в северо-западном направлении через центральную часть Становой зоны (Тандийский и Зейский районы Амурской области). Зона шириной до 15 км распадается на ряд параллельных составляющих, представленных зонами диафторитов и кварц-микроклиновых метасоматитов [5]. От сплошных кварц-микроклиновых метасоматитов до чистых диафторитов эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций имеются все переходные разновидности, представленные микроклинизированными порфиробластическими образованиями. С другой стороны, с увеличением количества микроклиновых порфиробластов порфиробластические сланцы и гнейсы переходят в гнейсовидные, а затем и в массивные микроклин-плагиоклазовые граниты, образующие цепочку протянувшуюся вдоль Тукурингской зоны на 350 км. К-Аг радиологический возраст гранитов по валовой пробе равен 707 млн лет. Массивы таких гранитов секут зоны диафтореза. Тукурингская зона контролирует также линзовидные тела измененных амфиболитов (сплошная зеленая масса вторичных минералов), с которыми на бывшем прииске Софийский связаны проявления золота (кварцевые жилы в измененных амфиболитах по материалам документации отвалов старой шахты). Первичная документация отсутствует. С аналогичными проявлениями базитов на левобережье Гилоя, южнее пос. Кировский работами института АмурКНИИ установлены проявления платины и алмазов (В. А. Степанов, Г. И. Туговик). С диафторитами Тукурингского разлома

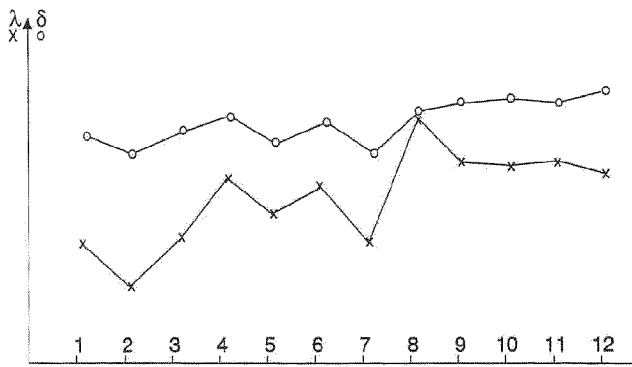


Рис. 5. Соотношение плотности (d г/см³) и теплопроводности (l Вт/мк) по [14, т. VI. 9].

1 – алевролит, 2 – аргиллит, 3 – мергель, 4 – известняк, 5 – песчаник, 6 – доломит, 7 – доломит глинистый, 8 – гранит, 9 – гранит мигматизированный, 10 – гранито-гнейс, 11 – мигматит, 12 – гнейс

связана рассеянная золотиносность, питающая многочисленные россыпи золота, на что указывал еще в 1899 году П. К. Яворовский. К аналогичным выводам пришли и мы, проводя геологосъемочные работы. При этом мы установили ураноносность кварц-микроклиновых метасоматитов (проявление Улягир). На металлогеническую роль кварц-микроклиновых метасоматитов, сопровождающих флюидно-катакlastические зоны, как на благоприятную вмещающую среду для последующего рудообразования, происходящего путем перераспределения металлов, указывал также в 1961 г. А. И. Гинзбург. При минералогическом анализе большого количества протолочечных проб кварц-микроклиновых метасоматитов, а часто просто визуалью, в породах хр. Тукурингра установлена рассеянная минерализация молибдена.

Широкое проявление зон микроклинизации во флюидно-катакlastических протерозойских зонах кристаллического фундамента отмечается повсюду. Мы согласны с высказываниями ряда исследователей, что обильное появление микроклина в конце протерозоя связано с выбросом калия к поверхности Земли в эту эпоху активизации геологических процессов [10]. Кроме этого, в диафоритах Тукурингрской зоны часто отмечается графит. В связи с этим заслуживает внимания исследование Ф. А. Летникова и его сотрудников [8], которые пришли к выводу о правильности предположений геологов из разных регионов о «...переносе благородных металлов восстановленными флюидами, предположительно имевшими мантийную природу». Это утверждение основано на изучении углеродистых тектонитов Восточного Саяна.

К сожалению, ожидать в Тукурингрской зоне месторождений вблизи ССН маловероятно, ввиду глубокого её эрозионного среза. Сохранились лишь небольшие блоки сильно измененных предположительно раннепротерозойских вулканогенно-осадочных пород желтулакской серии с радиологическим возрастом амфиболитов 1740-1910 млн лет [6] и блоки сильно

развальцованных и метаморфизованных предположительно конгломератов в бассейне р. Ньюжи.

На Алданском и Анабарском щитах аналогичные Тукурингрской зоне А. В. Молчанов описывает геохимически специализированные зоны кристаллического фундамента [11], называя их зонами «тектонно-флюидной активности». Сходные с этим раннепротерозойские зоны слагают Ладожско-Ботническую металлогеническую зону на границе Финляндии и Карелии, унаследованной в рифее Пашско-Ладожским грабенообразным прогибом.

Коры выветривания

Кристаллический фундамент и осадочный чехол, как правило, разделены корами выветривания, которые заслуживают особого внимания. Как уже указывалось, коры выветривания под действием солнечной энергии способны концентрировать элементы, образуя связанный с этим известный спектр месторождений. При их переиме возникают рудоносные осадочные формации. При воздействии на геохимически специализированные коры выветривания концентрированными потоками эндогенного тепла под экраном осадочных пород чехла возникают месторождения сложного состава: металлов глубинного спектра и характерных для экзогенных процессов. Металлогеническая роль древних кор выветривания изучена нами на примере ураноносных районов Южного Приаргуны [3,4] в пределах Приаргунского срединного массива. Коры выветривания в Приаргунском срединном массиве по химическому составу соответствуют сиаллитам, но содержат в виде частых порфиробластов очковые обособления микроклина, с ними ассоциируют низкотемпературные метаморфогенные микроклиновые аплитовидные граниты, развитые по аркозовым песчаникам, линзы и прослой чёрных турмалиновых кварцитов (турмалинитов), кварц-мусковитовых сланцев. В этой формации кор выветривания отмечаются аномально высокие содержания олова, урана, элементов иттриево-земельной подгруппы и флюорита.

ССН представляют не просто резкий градиент теплопроводности. Перекрывающие щит осадочные породы и коры выветривания в их основании относительно кристаллических пород водонасыщены. На это обстоятельство обратил внимание А. Д. Щеглов [9, с. 441-442]. В осадочных породах присутствуют свободные жидкие (гравитационные) воды и химически и физически связанные (кристаллизационные). При метаморфизме, особенно интенсивном при аномально повышенной температуре вблизи ССН, на выходе под них флюидно-катакlastических зон фундамента, из осадочных пород выделяются так называемые возрожденные (или катагенные) воды, по объему соизмеримые с седиментогенными. При этом вблизи ССН формируются гидротермальные руды сложного состава с полигенными источниками металлов. При этом в верхние слои осадочных пород происходит отгон хорошо летучих и способных к переносу во флюидах элементов (I, В, Br, F, As, Sb, Hg), что соответствует строению ряда рудных полей и районов. В такой модели не требуется глубина катагенеза

8-10 км ($t=250-300^{\circ}\text{C}$), как представляет А. Д. Щеглов для модели артезианских бассейнов. Все может происходить на участках концентрации энергии на глубине сферы гидротермального рудогенеза, т.е. на 2-3 км от дневной поверхности на время рудообразования. Последнее обстоятельство необходимо учитывать для определения эрозионного среза месторождения при прогнозно-металлогенических неотектонических построениях в районах блокового строения, где промышленные гидротермальные руды связаны с юрско-меловой ТМА, например в Приаргунье, где в рамках опорного Восточно-Забайкальского геологического полигона в последние десятилетия были решены разносторонние металлогенические вопросы зон ТМА и роли фундамента при этом.

Заключение

Таким образом, проблема месторождений вблизи ССН неразрывно связана с прохождением глубинного теплового потока и флюида [10] через зону ССН, где в результате возникновения градиента теплопроводности зарождаются гидротермы и руды, несущие четкий геохимический профиль глубинного (мантийного) происхождения, на который накладывается отпечаток, характерный для экзогенных руд. Область возникновения высокотемпературных гидротерм вблизи ССН в процессе пульсирующего воздействия теплового потока продуцирует многостадийную смену (зональность) разнотемпературных минеральных ассоциаций. При этом в верхние слои осадочной толщи отжимаются летучие компоненты (I, V, Br, F, As, Sb, Hg) [9, с. 441], увлекающие с собой золото, уран и другие элементы. Последние формируют низкотемпературные типы месторождений формации аргиллизитов (Балей, Стрельцовка и др.).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Афанасов М. Н., Николаев В. А. Перспективы алмазности Карельского перешейка (Западное Приладожье) // Региональная геология и металлогения. 2003. № 18. С. 116-121.
2. Афанасов М. Н., Зайцев В. С. Рудоносные флюидно-эксплозивные брекчии (флюидиты) как следствие радиолиза подземных вод // Российский геофизический журнал. 2002. № 27-28. С. 106-108.
3. Афанасов М.Н., Степанов В.А. Рудоконтролирующая роль позднедокембрийских поверхностей несогласий в структуре складчатых областей палеозоя // Тихоокеанская геология. 1994. № 5. С. 92-98.
4. Афанасов М. Н., Павлова В. В. Основные факторы геохимической специализации Приаргунского срединного массива // Тектоника Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. Т. 12. С. 160-164.
5. Афанасов М. Н. Структура центральной части Становой зоны по результатам геологического истолкования крупномасштабных аэромагнитных карт (Северное Приамурье) // Геология и геофизика. 1973. № 10. С. 141-147.
6. Геология и петрология южного обрамления Алданского щита / ред. Н. Г. Судовиков. М.: Наука, 1965. 300 с.
7. Лавров Н. П., Смирнов А. О., Шумилин М. В. Зарубежные месторождения урана. М.: Недра, 1983. 32 с.
8. Летников Ф. А., Савельева В. Б., Аникина Ю. В., Смагунова М. М. Высокоуглеродистые тектониты – новый тип концентрирования золота и платины // Докл. РАН. 1996. Т. 347. № 6. С. 795-798.
9. Литодинамика и минерогения осадочных бассейнов. Ред. А.Д. Щеглов. СПб: ВСЕГЕИ, 1998. 480 с.
10. Маракушев А. А. Происхождение Земли и природа её эндогенной активности. М.: Недра, 1999. 256 с.
11. Молчанов А. В., Клюев Н. К. Месторождения «типа несогласия» и возможность их обнаружения на древних щитах Сибирской платформы // Вестник СПбГУ. 2002. Сер. 7. Вып. 2 (№ 15). С. 61-68.
12. Наумов С. С. Урановые месторождения богатых и комплексных руд типа несогласия (состояние проблемы и перспективы выявления на территории России) // Материалы по геологии урановых, редких и редкоземельных металлов. М., 2000. № 141. С. 5-18.
13. Сидоров А. А., Томсон И. Н. Базовые рудные формации и новый подход к систематике месторождений // Тихоокеанская геология. 1989. № 6. С. 97-102.
14. Штилле Г. Ассинтская тектоника в геологическом лике Земли. М.: Мир, 1968. 256 с.