

УДК 553.411.04/071(571.5)

## ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МЕЗОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА. Ч. 2. ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет  
E-mail: kucherenco.o@sibmail.com

*Обсуждается проблема связей процессов образования гидротермальных месторождений золота с магматизмом и возможности использования результатов ее решения в качестве прогнозного критерия. Фактологическую базу составляют эмпирические материалы, полученные в золоторудных месторождениях южного горно-складчатого обрамления Сибирского кратона, образованные в кристаллическом субстрате и толщах черных сланцев. Обосновывается образование месторождений в той и другой среде в составе андиомных гранит-диорит-долеритовых флюидно-магматических комплексов на позднем базальтоидном этапе их эволюции. Разработанный петрологический критерий рекомендовано включить в состав прогнозно-поискового комплекса золотого оруденения.*

### **Ключевые слова:**

*Мезотермальные месторождения золота, прогнозно-поисковый комплекс, кристаллический субстрат, черные сланцы, петрологический критерий.*

### **Key words:**

*Mesothermal gold deposits, prognosis-search complex, crystal substratum, black shales, petrologic criterion.*

### **Введение**

В [1] автор обращает внимание на сосуществование исключаящих одно другое альтернативных представлений об условиях образования гидротермальных (мезотермальных) месторождений золота в рамках гранитогенной, базальтогенной, метаморфогенной, полигенной концепций. Поскольку все концепции или в разных своих сочетаниях предложены для одних и тех же обычно крупных и уникальных месторождений, конвергенция рудообразования исключается, а адекватной реальному рудообразующему процессу может быть признана только одна из них при условии привлечения новых достоверных, то есть повторяющихся (воспроизводимых) в разных месторождениях данных, способных усилить ее доказательную базу, а следовательно, и достоверность прогноза оруденения, опирающегося на совокупность научных положений в рамках принятой концепции.

В данной части статьи обсуждается проблема связей процессов образования мезотермальных золотых месторождений с магматизмом и возможности использования результатов ее решения в прогнозно-поисковых целях в качестве прогнозного критерия.

Состояние изученности проблемы рассмотрено в [2]. Здесь уместно сделать замечания, отчасти объясняющие вероятные причины сохраняющейся после столетних исследований дискуссии, обусловленной конкуренцией двух концепций — гранитогенной и базальтогенной, предполагающих генерацию металлоносных растворов соответственно в гранитных или базальтовых расплавах.

Первое замечание связано с высказыванием Х.М. Абдуллаева более полувека назад о том, что «Для выдвижения тезиса, что нижний магматический очаг базальтово-перидотитового состава является источником самостоятельных рудных растворов, пока достаточных оснований нет. К тому

же, как известно, трещинные излияния базальтов и их субэффузивные дайки не образуют таких месторождений, которые можно было бы связать с деятельностью очага основных и ультраосновных магм» [3. С. 207].

Второе замечание объясняет первое. Приведенное высказывание Х.М. Абдуллаева, равно как и публикация им монографии [3], вероятно, стали ответом на озвученные незадолго до того представления противоположного содержания [4, 5]. Ф.И. Вольфсон подчеркивал, что «Без детального изучения в каждом отдельном случае геологического положения даек интрузивных пород и их взаимоотношений с оруденением мы не можем решить вопрос о генетической связи оруденения с определенными массивами гранитоидов» [4. С. 46]. Аутентичное мнение высказал В.Н. Котляр: «...при изучении связи оруденения с магматическими породами необходимо установить связь оруденения не только с интрузивными массивами и магматическими комплексами в целом, но также с отдельными последовательными магматическими проявлениями» и «...отдельные фазы интрузий и особенно фазы, растянутые во времени, имеют свои жильные отщепления.... При таком положении очень важно бывает установить отношение между оруденением и жильными отщеплениями, поймать, как говорят, оруденение или отдельные его этапы в "вилку" жильных пород» [5. С. 68, 69].

Приведенные соображения крупнейших знатоков и разработчиков теории гидротермального рудообразования свидетельствуют о недооценке в те годы большинством занятых изучением проблемы специалистов участвующих в строении гидротермальных месторождений магматических пород малых форм. Очевидно, существовало устойчивое сохранившееся до сих пор убеждение в том, что генерировать крупные необходимые для образования промышленных месторождений потоки металло-

носных растворов способны только крупнообъемные магматические очаги, заполненные среднекислыми расплавами.

Вышедший вскоре в свет после упомянутых высказываний номер журнала «Известия АН СССР. Серия геологическая» (1957 г., № 1), посвященный описанию пространственно-временных соотношений в основном оловянного и полиметаллического оруденения с дайками изверженных пород, содержал ценную информацию, которая, казалось бы, должна была заинтересовать многих и убедить в необходимости корректировать приоритеты. Но после опубликования нескольких небольших монографических работ по данной тематике [6, 7 и др.] ничего в последующие десятилетия принципиально не изменилось, так что много позже А.А. Маркушев должен был напомнить, что «...важно *основывать петрографические концепции на материалах изучения горных пород*, а не исходить только из экспериментальных данных или умозрительных представлений» [8. С. 4] (курсив мой – И.К.). В современных условиях интерпретация результатов, получаемых благодаря богатейшим возможностям аналитических, скажем изотопно-геохимических, исследований, эксперимента, моделирования, но не подкрепленных по-прежнему дефицитными эмпирическими данными, вызывает трудности, нередко исключая формулировку достоверных, без альтернатив, выводов.

Ниже демонстрируется справедливость цитированных высказываний предшественников – известных озабоченных поиском истины ученых, а главное – очевидная целесообразность следовать данным ими рекомендациям посредством включения в доказательство связей рудообразования с магматизмом результатов изучения на примере, в частности, золоторудных месторождений всех производных флюидно-магматических комплексов, включая массивы (плутоны), сопровождающие их дайки, метасоматиты и руды. В этом случае возможна достоверная реконструкция рудно-магматических процессов, опирающаяся на эмпирические, без неизбежных в теории и эксперименте допусков, данные, раскрывающие последовательность и сущность геологических событий. Достоверность выводов подтверждается повторяемостью (воспроизводимостью) результатов изучения месторождений разного возраста, геологического положения и строения, однотипных по составу, физико-химическим и термодинамическим режимам образования руд. Возникающие в связи с объективно обусловленными обстоятельствами препятствия, выраженные, скажем, в разной доступности месторождений, разном объеме добытой информации преодолеваются созданием сводной картины рудообразования на основе не противоречивых данных из многих источников.

#### **Петрологический критерий**

Разработка критерия и предварительная оценка вероятной его эффективности стали возможны на

основе эмпирических наблюдений в золотых месторождениях сравниваемых совокупностей, то есть образованных в кристаллическом субстрате и толщах черных сланцев осадочных бассейнов, – результатов изучения минерального, химического составов магматических горных пород, их абсолютного (радиологического) возраста, последовательности образования, пространственно-временных соотношений с минеральными комплексами руд. Перечисленные оригинальные материалы опубликованы в ряде авторских работ [9–17], поэтому в данной статье приведены только факты, определяющие возможности и способы использования результатов исследований в прогнозных целях.

Связи рудообразования с магматизмом детально изучались в следующих разновозрастных золоторудных месторождениях обеих совокупностей: Когадыр (Южный Казахстан), Восточном (Южное Прибалхашье), Центральном, Бериккульском (Кузнецкий Алатау), Зун-Холба, Зун-Оспа (Юго-восток Восточного Саяна), Западном, Ирокиндинском, Кедровском, Богодиканском, Каралонском, Уряхском, Верхне-Сакуканском (Северное Забайкалье), Чертово Корыто (Патомское нагорье). Географическое положение и геологическая позиция большинства перечисленных месторождений показаны в [1]. Используются также опубликованные данные по Советскому (Енисейский край), Сухоложскому (Ленский район) и другим месторождениям.

Рудные тела месторождений разных морфологических типов залегают в разнообразном субстрате: крутопадающая залежь прожилково-вкрапленных руд Когадыра – среди герцинских гранитоидов, минерализованные зоны Восточного – в среднепалеозойской терригенной толще, кварцевые жилы Центрального и Бериккульского – соответственно в массиве раннепалеозойских гранитоидов и в толще покровных базальтов среднего кембрия, субвертикальные залежи прожилково-вкрапленных руд Зун-Холбы – в позднегерцинской известково-песчано-сланцевой толще, кварцевые жилы Зун-Оспы – среди среднепалеозойских гранитоидов, кварцевые жилы Западного и соседнего Ирокиндинского – соответственно в массиве позднегерцинских гранитоидов и в ультраметаморфическом выступе архейского фундамента, кварцевые жилы и минерализованные зоны прожилково-вкрапленных руд Кедровского – в толще черных сланцев позднегерцинской кедровской свиты и среди гранитоидов и ультраметаморфитов позднепалеозойской зрелой очагово-купольной постройки, кварцевые жилы Богодиканского – в массиве позднепалеозойских гранитоидов, кварцевые жилы, залежи и минерализованные зоны прожилково-вкрапленных руд Каралонского и Уряхского – соответственно в массивах вендских, позднепалеозойских гранитоидов, среди покровных вулканитов позднегерцинских келянской и черных сланцев водораздельной свит, кварцевые жилы Верхне-Са-

куканского – в массиве раннепротерозойских гранитоидов, субгоризонтальная залежь прожилково-вкрапленных руд Чертова Корыта – в раннепротерозойской толще черных сланцев. Советское и Сухоложское месторождения также представляют «черносланцевый тип» – первое залегает в рифейской, второе – в позднерифейских толщах черных сланцев.

Изученные месторождения образованы в геодинамических режимах внутриконтинентального рифтогенеза или коллизии на активных континентальных окраинах [1] и в разные эпохи: Советское – в позднем рифее, Центральное, Берикольское – в раннем палеозое, Зун-Холба, Зун-Оспа – в среднем палеозое, Когадыр, Восточное, все перечисленные месторождения Северного Забайкалья и Ленского района – в позднем палеозое.

Руды месторождений характеризуются однообразной сменой во времени в общих чертах сходных по минеральному составу, термодинамическим и физико-химическим режимам отложения минеральных комплексов, залегают в ореолах средне-низкотемпературных метасоматитов, принадлежащих сочетающимся пропиловитовой и березитовой метасоматическим формациям и представляют, таким образом, один генетический тип мезотермальных месторождений золота.

В перечисленных месторождениях с большей или меньшей полнотой установлены однообразно повторяющиеся ассоциации, составы и последовательность образования сближенных во времени в диапазоне первых десятков млн л магматических пород, которыми сложены тела крупных (массивы, плутоны) и малых (дайки) форм, образующие антидромные магматические комплексы [10, 11, 15–17]. В составе поздних производных комплексов помимо магматических пород образованы гидротермальные золотые руды, поэтому комплексы целесообразно квалифицировать как флюидно-магматические.

Ранние производные комплексов всегда представлены кислыми породами, слагающими массивы, плутоны, ядра зрелых очагово-купольных построек или более или менее многочисленные дайки, в том числе в составе протяженных поясов. В раннепалеозойском Центральном гранитоидном массиве залегает Центральное месторождение, в обрамлении раннепалеозойского Дудетского гранитного плутона – Берикольское месторождение; рудные жилы Богодиканского, Каралонского месторождений локализованы соответственно в гранитных массивах позднерифейско-вендского падоринского и позднепалеозойского конкудеро-мамаканского комплексов. В гранодиоритах, кварцевых диоритах позднепалеозойской Кедровской очагово-купольной постройки известны промышленные жилы Кедровского месторождения. При отсутствии крупных тел гранитоидов обилие даек аплитов, пегматоидных гранитов свидетельствует о близости на глубоких горизонтах более крупных тел (Западное, Верхне-Сауканское месторожде-

ния). В других месторождениях ранние дайки кислых пород достаточно редки и сложены помимо аплитов и пегматоидных гранитов протяженными и мощными телами фельзитовых микрогранит-порфириров, которым следуют золотоносные кварцевые жилы, например Юрасовские в Ирокиндинском, Штурмовые в Кедровском месторождениях.

В известных случаях [16, 17]  $Sr^{87}/Sr^{86}$ -отношения указывают на участие в образовании гранитоидов мантийных производных – расплавов или высокотемпературных флюидов-теплоносителей, инициировавших палингенез субстрата земной коры.

В некоторых месторождениях – Центральном, Берикольском, Ирокиндинском, Кедровском, Чертово Корыто, зафиксированы дайки средних пород – микродиоритов, диоритовых порфириров, послегранитный дорудный возраст которых, в силу их редкости, доказываемся в единичных случаях (рис. 1).

На позднем этапе становления рассматриваемых флюидно-магматических комплексов происходит многоактное, максимально зафиксированное в Берикольском месторождении, пятиактное внедрение умеренно-щелочных базальтовых расплавов в чередовании с инъекциями металлоносных растворов (рис. 2).

В этом месторождении последовательное внедрение двух порций ранних расплавов предшествовало инъекции ранних растворов. В результате образованы две генерации пересекающих одна другую послегранитных последиоритовых дорудных даек умеренно-щелочных долеритов. Дорудные дайки этих пород, которым охотно следуют кварцевые жилы, сложенные, в том числе, ранним минеральным комплексом руд, диагностированы в большинстве месторождений. Они, как и другие вмещающие породы, пропиловитизированы, в экзоконтактах кварцевых жил сопровождаются оторочками березитов, представляющих тыловую зону околужильных метасоматических ореолов. В редких останцах наиболее мощных дорудных даек со слабо выраженными гидротермальными изменениями минералого-химические составы долеритов, как и составы почти не измененных поздних, послерудных даек, отвечают нормативному составу для данного вида пород.

Апробированы два способа диагностики внутрирудного возраста даек умеренно-щелочных долеритов.

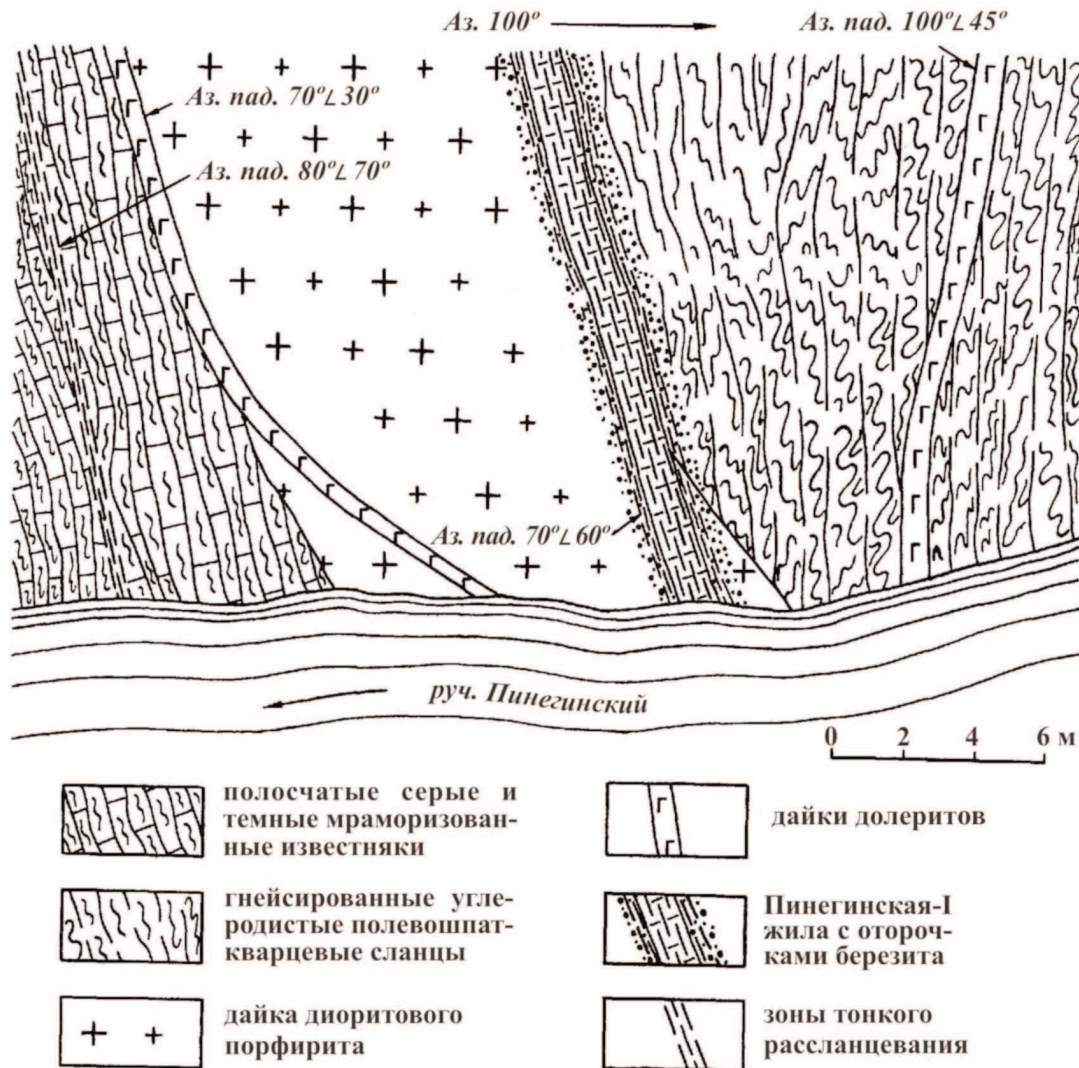
Первый опирается на факты пересечения дайками ранних минеральных комплексов руд, но пересечения даек поздними рудно-минеральными комплексами с признаками термического воздействия поздних образований на ранние в виде разгерметизированных (взорванных) вакуолей в кварце в экзоконтактах пересекающих его даек и оторочек гидротермальных изменений в дайках в экзоконтактах пересекающих их жил, сложенных более поздними рудно-минеральными комплексами (рис. 2).

Второй способ реализован в удалении от золотоносных кварцевых жил и минерализованных зон,

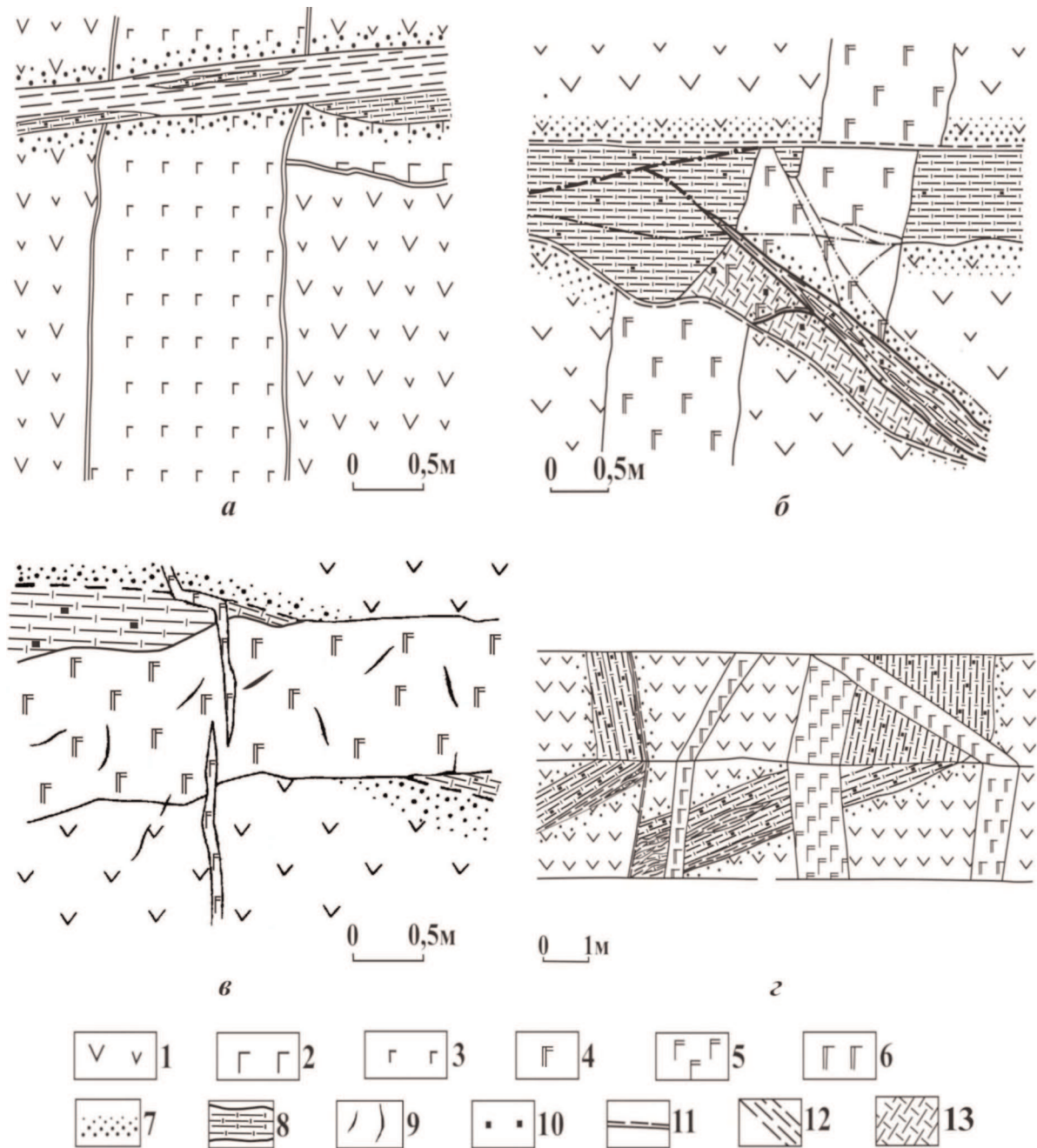
в частности, локализованных среди свежих гнейсов и мигматитов очагово-купольной постройки Кедровского месторождения даек долеритов, преобразованных под воздействием фильтрующихся сквозь них горячих растворов на 80...100 об. % в метасоматиты в соответствии с известным физическим эффектом аккумуляции горячих растворов разогретыми телами среди относительно холодных пород [18]. При этом минеральный состав образующихся метасоматитов определяется температурными режимами в породно-флюидных системах. Аподолеритовые метасоматиты зональны, в кедровских дайках, например, они представлены следующими ассоциациями (рис. 3).

- Обыкновенная роговая обманка + зеленый биотит + эпидот + тальк + хлорит + серпентин + альбит + кварц + серицит + кальцит + рутил + апатит + магнетит + пирит.
- Буровато-зеленый и буровато-красный биотит + цоизит + хлорит + альбит + кварц + серицит

- + кальцит + доломит + доломит-анкерит + рутил + лейкоксен + апатит + магнетит + пирит.
- Тремолит-актинолит + зеленый, буровато-зеленый биотит + эпидот + прохлорит + альбит + кварц + серицит + кальцит + доломит + сфен + рутил + апатит + магнетит + пирит.
- Тремолит + зеленый биотит (до 60 об. %) + эпидот + кварц + кальцит + доломит + рутил + апатит + магнетит + пирит.
- Зеленый и зеленовато-бурый биотит + хлорит + альбит + серицит + кальцит + доломит-анкерит + рутил + апатит + магнетит + пирит.
- Хлорит + альбит + кварц + серицит + кальцит + доломит-анкерит + анкерит + магнезит + рутил + лейкоксен + апатит + магнетит + пирит.
- Тремолит + хлорит + альбит + кварц + кальцит + рутил + апатит + магнетит + пирит.
- Зеленый биотит + кварц + кальцит + доломит + анкерит + рутил + апатит + магнетит + пирит.



**Рис. 1.** Кедровское месторождение (Северное Забайкалье). Пересечение дорудной дайкой долерита и сульфидно-кварцевой Пинегинской-I жилы дорудной залегающей в ультраметаморфитах очагово-купольной постройки дайки диоритового порфирита. На дне ручья в экзоконтакте жилы в дайке долерита видна оторочка березита – свидетельство ее дорудного возраста (план)

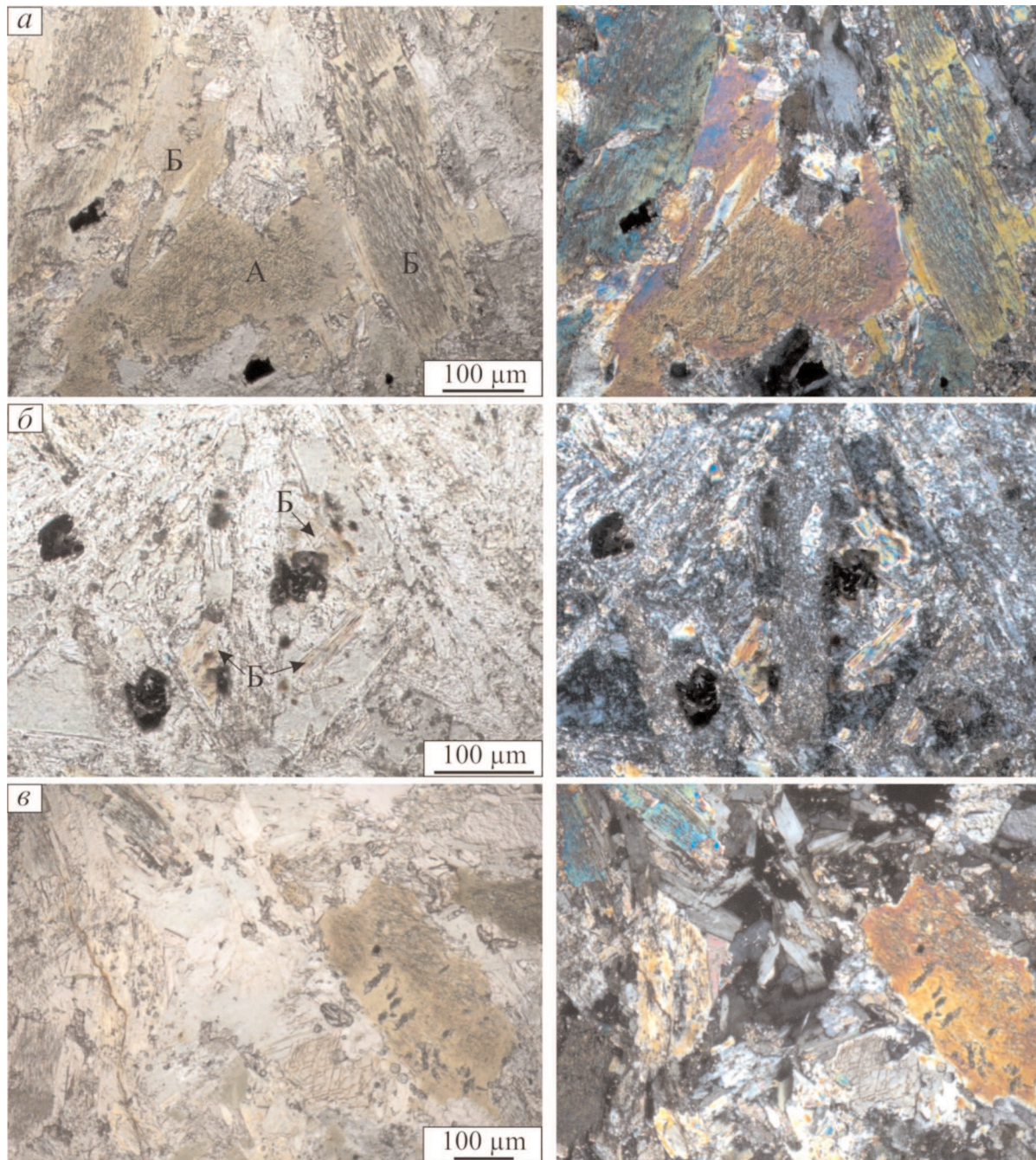


**Рис. 2.** Бериккульское месторождение (Кузнецкий Алатау). Структурно-временные соотношения золотых руд с дорудными (две генерации, а), внутрирудными (б, в), послерудными (две генерации, г) дайками умеренно щелочных долеритов: 1 – покровные базальтовые порфириды бериккульской свиты ( $\epsilon_1$ ); 2–6 – дайки умеренно щелочных долеритов: 2) первой, 3) второй, 4) третьей, 5) четвертой, 6) пятой генераций; 7 – березиты; 8 – золотоносные кварцевые жилы, прожилки, линзы; 9 – карбонатно-кварцевые прожилки; 10 – пирит; 11 – тектонические швы; 12 – зоны расланцевания пород; 13 – зоны дробления пород

В составе перечисленных минеральных новообразований содержание биотита достигает 50...60 об. %.

В аподайковых метасоматитах в сравнении со свежими умеренно щелочными долеритами Кедровского месторождения снижено (в разы) содержание Si до 0,7; Al до 0,6; K до 0,1; Na до 0,01; Свосстан. до 0,24 или увеличено содержание K до 5,9; Сокис. до 42,1; Са до 1,5; Mg до 2,2; Fe до 1,7; Ti до 2,3; P до 4,4; Mn до 1,8.

В месторождении Зун-Холба среди аутентичных описанным метасоматических минеральных новообразований во внутрирудных дайках умеренно-щелочных долеритов чешуйки свежего, следовательно, наиболее позднего бурого биотита обрамляют по периметру бывшие кристаллы пироксена, полностью замещенные тонкочешуйчатым агрегатом хлорита, серицита, альбита, карбонатов и других метасоматических минералов [15]. В других



**Рис. 3.** Микрофотографии шлифов аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского (а, в) и Бериккульского (б) месторождений. В составе комплекса эпигенетических минералов участвуют кристаллы обыкновенной роговой обманки (А), чешуйки грязно-зеленого биотита (Б), тонкочешуйчатые агрегаты и пластинки бледно-зеленого до бесцветного хлорита, серицита, последнего, в том числе, по былым лейстам плагиоклаза, сохранившим первоначальную форму. Слева без анализатора, справа с анализатором

случаях биотит обычно в разной степени замещен хлоритом, а последний – серицитом.

Преобразованы в метасоматиты с аутентичными ассоциациями метасоматических минералов дожилые и послезильные дайки умеренно-щелочных долеритов, залегающие в рудовмещающих позднерифейских толщах черных сланцев месторождения Сухой Лог [19, 20]. В составе минеральных новообразований объемом до многих десятков

процентов участвуют: обыкновенная роговая обманка, грязно-зеленый, зеленовато-бурый биотит (до 40 об. %), цоизит, хлорит, альбит, апатит, карбонаты, кварц, серицит, рутил, лейкоксен, магнетит, пирит. В пирите аподайковых и околорудных метасоматитов одинаковы наборы и близки содержания элементов-примесей – Ag, Zn, Pb, Вi и др. Как и околорудные березиты, аподайковые метасоматиты обогащены против нормативных содержаний

в свежих долеритах магнием (до 16,65 мас. % MgO), фосфором (до 0,74 мас. % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), золотом (до 11 мг/т).

В Советском месторождении Енисейского кряжа внутридайкивые аподолеритовые метасоматиты, залегающие среди слабоизмененных на этапе рудообразования (пропилитизированных) черных сланцев верхних свит рифейской сухопитской серии, содержат биотит, актинолит-тремолит, эпидот, тальк, антигорит, хлорит, карбонаты, сульфиды.

Среди черных сланцев раннепротерозойской михайловской свиты, вмещающих крупную рудную залежь месторождения Чертово Корыто, залегают гидротермально измененные дайки диоритов и долеритов; в составе минеральных новообразований последних участвуют, по данным М.М. Баженова, В.Г. Мартыненко (устное сообщение), биотит (до 15 об. %), обыкновенная роговая обманка, актинолит, альбит (в сумме 30...65 об. %), клиноцит-эпидот, хлорит, карбонаты, кварц, серицит, лейкоксен, апатит, золото (до 3 г/т).

Позднерудные (послерудные) дайки долеритов не менее двух генераций (рис. 2) пересекают кварцевые жилы, содержащие поздние минеральные комплексы руд. Кристаллизация расплавов при их образовании сопровождалась термическим воздействием на кварц, вследствие чего в экзоконтактах даек вакуоли в кварце разгерметизированы. Афанитовое строение пород в эндоконтактах поздних послерудных даек (зоны закалки) можно видеть и в участках пересечения ими ранних послерудных. Дайки сохраняются свежими – объемы минеральных новообразований в них (серицит, хлорит) не превышают долей процентов.

#### Обсуждение результатов и выводы

Близкий к ранним гранитоидам в диапазоне до первых десятков млн л радиологический возраст поздних даек долеритов, определяемый по серициту сопровождаемых золотыми рудами аподайковых березитов, доказывает формирование всей ассоциации магматических пород в результате одного петрогенетического процесса и сообщает ей статус андиоритного гранит-диорит-долеритового магматического комплекса. Повторяемость его состава и последовательности образования горных пород во времени и в условиях разных (не менее двух) геодинамических режимов золоторудных районов, в том числе черносланцевого типа [1], создает предпосылки для объединения типовых черт совокупности подобных комплексов в объеме и ранге формационного типа.

Инициирование раннего палингенного гранитообразования под воздействием на субстрат земной коры мантийных высокотемпературных «безрудных» флюидов-теплоносителей и функционирование на позднем базальтоидном этапе становления комплексов создающих золотые руды металлоносных растворов характеризуют комплексы как флюидно-магматические золотопродуцирующие.

Участие в составе комплексов промежуточных диоритоидов подчеркивает эволюционное их становление и допускает вероятность (возможность) образования части ранних кислых пород (как и диоритовых даек) в результате дифференциации базальтовых расплавов разной степени завершенности.

При одновременном функционировании мантийного базальтового и образованного над ним палингенного корового гранитоидного очагов в петро- и рудогенезисе имеет принципиальное значение их взаимодействие. Если ранние порции базальтовых расплавов внедряются, наследуя пути движения обусловивших палингенез флюидов-теплоносителей, а этими путями могут быть только глубинные разломы, то при существовании кислых остаточных расплавов неизбежно смешение тех и других и, как следствие, образование магматических пород «пестрого» состава.

Между тем во всех изученных месторождениях в сохранившихся «останцах» слабого изменения послегранитных и в известных случаях последиоритовых дорудных (ранних) даек минералогический состав умеренно-щелочных долеритов отвечает нормативному составу данного вида пород. Это означает, что к моменту внедрения ранних порций базальтовых расплавов кислых расплавов уже не существовало и последующие ранние порции металлоносных растворов не могли быть генерированы в уже не существовавших кислых расплавах. Следовательно, генетическая связь рудообразования с гранитоидным магматизмом исключается.

На те возможные случаи, когда к моменту инъекции ранних порций растворов еще сохраняются остаточные очаги гранитной магмы, сформулированный вывод не теряет своей силы, поскольку металлоносные растворы, как это следует из приведенных примеров, обладают способностью экстрагировать металлы из базальтовых расплавов, то есть приобретают рудообразующую способность и при отсутствии гранитных расплавов.

Избирательная переработка слабо трещиноватых (массивных) со спаянными с вмещающими породами контактами даек долеритов в метасоматиты, обогащенные, как и околорудные березиты [1], фемофильными (Ti, P, Mg, Fe) и рудными, в том числе профильными (Au, Ag), элементами доказывает флюидопроводящую наряду с разломами функцию горячих даек, то есть фильтрацию аккумулярованных в них струй горячих металлоносных растворов с незначительным после внедрения расплавов перерывом, в течение которого дайки не успевали остыть, – в холодном состоянии они были бы не способны аккумулялировать горячие растворы. Эти факты, в свою очередь, подчеркивают генерацию расплавов и следующих за ними специализированных на фемофильные представляющие петрохимическое своеобразие базитов элементы металлоносных растворов в одних и тех же очагах умеренно-щелочных базальтовых магм, а также по-

днем тех и других по одним и тем же каналам – контролирующим размещение в верхних горизонтах земной коры базитов и золотых месторождений глубинным разломам. Очевидно, содержащие контрастные аномалии ассоциации фемофильных элементов (Ti, P, Mg, Fe, Ca, Mn, K) в обрамлении глубинных разломов околорудные березиты, в том числе в черносланцевых толщах, наследуют фемофильный профиль аподолеритовых метасоматитов, а следовательно, и фемофильную специализацию генерированных в базальтовых расплавах растворов. При этом как околорудные березиты с серицитом, так и аподайковые метасоматиты с биотитом, судя по минеральным новообразованиям в тех и других (калиевые минералы, карбонаты, сульфиды), представляют производные калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма.

Обычное, но не всегда, образование в аподайковых метасоматитах высокотемпературных обыкновенной роговой обманки и биотита в объеме до десятков процентов, отсутствующих в околорудных березитах и обрамляющих их пропилитах, есть следствие дополнительного разогревания фильтрующихся по дайкам металлоносных растворов в более горячих, чем растворы, дайках. В связи с этим оба минерала квалифицированы как типоморфные, индикаторные для внутрирудных даек, имеющие диагностическое значение в тех случаях, когда дайки автономны и отсутствуют взаимопересечения их с рудно-минеральными комплексами.

В рамках обсуждаемых золотопродуцирующих флюидно-магматических комплексов приведенными фактами доказываемая генетическая связь рудообразования с поздним умеренно-щелочным базальтоидным магматизмом и парагенетическая связь с ранним гранитоидным.

В качестве примеров антидромных золотопродуцирующих флюидно-магматических комплексов, в которых ранние гранитоиды представлены телами разных размеров и форм, можно привести раннепалеозойский мартайгинский комплекс в Кузнецком Алатау с его Дудетским гранитным плутоном и меньшими по размерам массивами, кедровский позднепалеозойский комплекс в Северном Забайкалье с его зрелой очагово-купольной постройкой, пока не названный позднепалеозойский комплекс малых интрузий ранних (аглан-янских) гранитоидов, поздних (кадали-бутуинских) базальтоидов ( $312 \pm 59$  млн л [21]) и одного с последними возраста золотых месторождений 315 млн л [22] в Ленском районе.

Давно известны, как отмечалось, подобные описанным примеры пространственно-временных соотношений руд других видов полезных ископаемых с малыми производными базитового магматизма. Например, в скарновом полиметаллическом месторождении Первый Советский рудник в Приморье диагностированы дорудные и внутрирудные дайки порфиринов [23]. Первые скарнированы, вторые пересекают скарны с ранними сульфидными, но пересекаются поздними прожилками

безвисмутитового галенита. Внутрирудная дайка диабазового порфирита выделена в скарновом полиметаллическом месторождении Тетюхэ (Приморье) [24]. В экзоконтакте этой дайки скарны гидротермально изменены, сульфиды метаморфизованы, но дайку пересекают прожилки поздних сульфидов. В Хрустальном месторождении Приморья, представляющем касситерит-кварцевую формацию, доказано образование даек диабазовых порфиринов трех генераций [25]. Дайки первой генерации сопровождаются кварцевыми жилами с касситеритом, гидротермально изменены в экзоконтактах жил. Дайки второй и третьей генераций пересекают одна другую и кварцевые жилы с касситеритом, содержат обломки жильного материала, образуют «затеки» в полости рудовмещающих трещин, но пересекаются прожилками, сложенными минералами заключительной ассоциации в составе кварца, кальцита, флюорита. В месторождении Лифудзин касситерит-сульфидной формации (Приморье) выделены дорудные и внутрирудные дайки диабазовых порфиринов [26]. Последние пересекают жилы, сложенные минералами второй стадии, но пересекаются кварцево-пиритовыми прожилками четвертой стадии. Перечисляется шесть признаков диагностики относительно-го возраста даек.

Приведенными фактами из поучительной истории изучения гидротермальных рудных месторождений не исчерпываются случаи функционирования рудообразующих систем синхронно, в очевидной причинно-следственной связи с активным базальтовым магматизмом и образованием, в частности, оловянных (касситеритовых) месторождений, генетически обычно связываемых с близкими по возрасту гранитами, при участии производных мантийного магматизма. Последнее в сочетании с присутствием в рудах самородных металлов и их сплавов как признаков восстановленного режима металлоносных растворов использовано для обособления по меньшей мере части оловянных месторождений, образованных растворами мантийных урвней генерации [27].

Итак, петрологический критерий прогнозирования мезотермальных золотых месторождений опирается на факты, доказывающие связи процессов их образования с активизацией очагов умеренно-щелочных базальтовых расплавов. Его использование заключается в следующем.

На перспективных площадях, выделенных посредством использования геодинамического и тектонического критериев [1], ареалы (пояс?) распространения производных потенциально золотопродуцирующего гранит-диорит-долеритового магматического комплекса представляют для конкретизации дальнейшего прогноза первоочередной интерес. Прогнозная составляющая усилится в случае обнаружения поздних в составе комплекса даек умеренно-щелочных долеритов, преобразованных в метасоматиты с повышенным содержанием ассоциации фемофильных и особенно рудогенных (Au,



Ag и др.) элементов. Последнее означает реальное функционирование металлоносных растворов. Отсутствие в составе аподайковых метасоматитов обыкновенной роговой обманки и биотита не следует рассматривать как негативный признак — оно может быть обусловлено снижением температуры даек до уровня фильтрующихся растворов или, возможно, несколько ниже его.

Дальнейшей конкретизации и усилению прогноза будет способствовать использование петрохимического, геохимического критериев, которые обсуждаются в завершающей третьей части цикла.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию. ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы». Гос. контракт № П238 от 23.04.2010 г.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. Прогнозно-поисковый комплекс для мезотермальных месторождений золота. Ч. 1. Тектонический и геодинамический критерии // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 322. — № 1. — С. 19–27.
2. Кучеренко И.В. Проблемы образования гидротермальных месторождений золота. Ч. 1. Магматогенные геолого-генетические концепции // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 322. — № 1. — С. 11–18.
3. Абдуллаев Х.М. Дайки и оруденение. — М.: Госгеолтехиздат, 1957. — 232 с.
4. Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. — М.: Изд-во АН СССР, 1953. — 304 с.
5. Котляр В.Н. О магматических комплексах и оруденении // Советская геология. — 1955. — № 43. — С. 61–70.
6. Индолев Л.Н. Дайки рудных районов Восточной Якутии. — М.: Наука, 1979. — 196 с.
7. Ефремова С.В. Дайки и эндогенное оруденение. — М.: Недра, 1983. — 224 с.
8. Маракушев А.А. Петрология. — М.: Изд-во Московского университета, 1988. — 309 с.
9. Кучеренко И.В., Грибанов А.П. Взаимоотношения дайковых образований с золоторудными кварцевыми жилами в Бериккульском рудном поле // Известия Томского политехнического института. — 1968. — Т. 134. — С. 153–158.
10. Кучеренко И.В. Пространственно-временные и петрохимические критерии связи образования золотого оруденения с глубинным магматизмом // Известия АН СССР. Серия геологическая. — 1990. — № 10. — С. 78–91.
11. Кучеренко И.В. Петро-рудногенетическая модель формирования мезотермальных золотых месторождений // Петрография на рубеже XXI века. Итоги и перспективы: Матер. II Всероссийского петрографического совещания. — Сыктывкар, 27–30 июня 2000. — Сыктывкар: Ин-т геологии Коми научн. центра УрО РАН, 2000. — Т. III. — С. 199–203.
12. Кучеренко И.В. Малые интрузии Бериккульского рудного поля (Кузнецкий Алатау) // Известия Томского политехнического университета. — 2003. — Т. 306. — № 4. — С. 28–33.
13. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические черты ассоциации кислых пород Бериккульского рудного поля // Известия Томского политехнического университета. — 2003. — Т. 306. — № 5. — С. 32–36.
14. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические черты ассоциации основных гипабиссальных пород Бериккульского рудного поля // Известия Томского политехнического университета. — 2003. — Т. 306. — № 6. — С. 21–28.
15. Кучеренко И.В. Дайки основного состава в мезотермальном золотом месторождении Зун-Холба (Восточный Саян) // Вестник Томского государственного университета. — 2003. — № 3 (III). — С. 259–261.
16. Кучеренко И.В. Петрологические и металлогенетические следствия изучения малых интрузий в мезотермальных золоторудных полях // Известия Томского политехнического университета. — 2004. — Т. 307. — № 1. — С. 49–57.
17. Кучеренко И.В. Металлогения золота: приложение к мезотермальным месторождениям, образованным в несланцевом и черносланцевом субстрате горно-складчатых сооружений южной Сибири // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Матер. Междунар. конф., посвящ. 80-летию основания в Томском политехническом университете первой в азиатской части России кафедры «Разведочное дело». — Томск, 5–8 октября 2010. — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — С. 241–256.
18. Рундквист Д.В. О влиянии распределения температур горных пород на процессы метасоматического гидротермального минералообразования // Записки Всесоюзного минералогического общества. — 1966. — Ч. 95. — Вып. 5. — С. 509–525.
19. Шер С.Д. Жильные изверженные породы основного состава в бассейне р. Бодайбо и их соотношения с кварцевыми жилами // Труды Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института. — 1959. — Вып. 4. — С. 104–114.
20. Кондратенко А.К., Шер С.Д. Метасоматические изменения жильных пород в Ленской золотоносной области и их возможное значение с точки зрения золотоносности // Вопросы геологии месторождений золота и золотоносных районов. — М.: ЦНИГРИ, 1968. — С. 312–314.
21. Рундквист И.К., Бобров В.А., Смирнова Т.Н. и др. Этапы формирования Бодайбинского золоторудного района // Геология рудных месторождений. — 1992. — Т. 34. — № 6. — С. 3–15.
22. Лавров Н.П., Прокофьев В.Ю., Дистлер В.В. и др. Новые данные об условиях рудоотложения и составе рудообразующих флюидов золото-платинового месторождения Сухой Лог // Доклады РАН. — 2000. — Т. 371. — № 1. — С. 88–92.
23. Хетчиков Л.Н. О соотношении даек порфирита со скарново-полиметаллическими рудами в месторождении Первый Советский рудник (южное Приморье) // Известия АН СССР. Серия геологическая. — 1957. — № 1. — С. 39–43.
24. Мозгова Н.Н. О взаимоотношении дайки диабазового порфирита с оруденелым скарном месторождения Верхнего рудника (Тетюхэ, Приморский край) // Известия АН СССР. Серия геологическая. — 1957. — № 1. — С. 25–31.
25. Дубровский В.Н. О взаимоотношении даек и оруденения на Хрустальном оловянном месторождении // Известия АН СССР. Серия геологическая. — 1957. — № 1. — С. 32–38.
26. Кигай И.Н. Об одной внутриминерализационной дайке Лифундинского оловянного месторождения // Известия АН СССР. Серия геологическая. — 1957. — № 1. — С. 44–51.
27. Щеглов А.Д. Основы металлогенетического анализа. — М.: Недра, 1980. — 431 с.

*Поступила 28.09.2012 г.*