

Д. Г. МИЗИРЯК, А. Г. МАРЧЕНКО (ООО «Теллур Северо-Восток»)

Выявление геолого-структурных условий локализации медно-молибденового и золотого оруденений в Монголийском рудном поле на основе расшифровки структурного рисунка аномальных геохимических полей

Предложен авторский методический подход к геолого-структурной интерпретации аномальных геохимических полей. На основе интерпретации моно- и полиэлементных аномальных геохимических полей создана геолого-структурная схема изученной части Монголийского рудного поля. Охарактеризованы геодинамические обстановки образования медно-молибденовой с золотом и золоторудной минерализаций, сделан вывод о разных этапах их формирования. Предложены геолого-структурные критерии выделения перспективных участков и локализации рудных зон и тел.

Ключевые слова: медь, молибден, золото, аномальные геохимические поля, геолого-структурные условия, структурный рисунок, геодинамические обстановки, Монголийское рудное поле, Селенго-Становая складчато-блоковая область.

D. G. MIZIRIAK, A. G. MARCHENKO (Tellur North-East LLC)

Identification of geostructural conditions for the localization of the copper-molybdenum and gold mineralization in the Mongoli ore field based on the interpretation of anomalous geochemical field structural patterns

In the paper, the author's methodical approach to the interpretation of anomalous geochemical fields in terms of structural geology is suggested. The geostructural map of the studied part of the Mongoli ore field was compiled based on the interpretation of mono- and polyelemental anomalous geochemical fields. Geodynamic environments of formation of the Cu-Mo with minor Au mineralization and the Au mineralization are described. A conclusion is made about their multi-stage formation. Geostructural criteria for the identification of promising areas, ore zones and bodies are proposed.

Keywords: copper, molybdenum, gold, anomalous geochemical fields, geostructural conditions, structural pattern, geodynamic environment, Mongoli ore field, Selenga-Stanovoi fold-block region.

Для цитирования: Мизиряк Д. Г., Марченко А. Г. Выявление геолого-структурных условий локализации медно-молибденового и золотого оруденений в Монголийском рудном поле на основе расшифровки структурного рисунка аномальных геохимических полей // Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 83. – С. 88–100.

Введение. За последние годы произошло практически полное исчерпание фонда легкооткрываемых рудных месторождений, резко возросла роль комплексных поисковых работ при открытии новых объектов. При этом применяемые до сих пор методики геологической интерпретации данных геохимии и геофизики основаны, как правило, на простой логической формуле: аномальное геохимическое или геофизическое поле – аномалообразующий объект – рудное тело, – которая не позволяет в полной мере раскрыть потенциал комплексных работ. Рудные тела, особенно это относится к золоторудным, часто слабо проявлены в геохимических и геофизических полях, что может обуславливать низкую эффективность их непосредственного выявления геохимическими и геофизическими методами, а на полуоткрытых и закрытых территориях даже выходящие на поверхность эрозии рудные тела, перекрытые рыхлыми отложениями, в большинстве случаев не могут быть обнаружены

при проведении геологопоисковых маршрутов. Главным образом результативность поисковых работ может быть повышена за счет структурно-геологической интерпретации аномальных геохимических и геофизических полей, нацеленной на выявление структурно-геодинамических признаков оруденения и потенциальных рудовмещающих зон, благоприятных для локализации искомого оруденения.

Проблема устаревания методических основ проведения поисковых геохимических и геофизических работ, интерпретации данных и прогнозирования на их основе обсуждалась в ряде работ [5; 11; 16]. Существует два основных подхода: создание структурно-вещественных моделей на основе количественной интерпретации аномалообразующих объектов либо качественная интерпретация геохимических и геофизических полей. В практике преобладает второй подход. Предлагаются расшифровка структуры геохимического поля рудного объекта через создание моделей

геохимической зональности объекта, выделение «кластеров» со схожим геохимическим спектром [5; 16], системный анализ геологических поисковых критериев и их отображения в геофизических полях, использование геофизических критериев выделения рудных объектов [11], анализ структур аномальных геохимических полей (АГХП) как основа прогнозирования рудных объектов [1; 14; 18]. Известны также примеры использования для решения этих задач алгоритмов распознавания образов.

Авторами предлагается оригинальный геолого-структурный подход. Методика основана на концепции структурного рисунка территории [12]. Под ним понимается графическое отображение разноранговых и разновозрастных структурных парагенезисов, образующих закономерно построенную геологическую структуру (структурный парагенезис) территории. Структурный рисунок закономерно отражается в геохимических и геофизических полях, поэтому он может быть дешифрован на их основе при привлечении априорных геологических данных о геологическом строении территории и подтверждающих геолого-структурных наблюдений. Необходимо использовать тектонофизическую модель дискретной среды, согласно которой геологическая среда рассматривается как сплошная структурированная, состоящая из дискретных элементов определенной геометрии и свойств, связанных в единое целое [10]. Такая модель может быть исследована на предмет динамической перестройки среды в ответ на внешние воздействия и следовательно позволяет учитывать при моделировании точечные, линейные, плоскостные и объемные концентраторы деформации растяжения, к которым могут быть приурочены рудные зоны разной морфологии, находящиеся в различных геолого-структурных обстановках в пределах рудного поля.

Цель работы – показать возможности геолого-структурного подхода в геологической интерпретации данных поисковой геохимии при изучении реальных геологических объектов ранга рудного поля не только для оконтуривания АГХП, создаваемых рудовмещающими зонами и рудными телами. Геолого-структурный подход к интерпретации данных поисковой геохимии (как и геофизики) позволяет получать на ранних стадиях изучения рудных объектов критически важную информацию о геологическом строении территории даже в неблагоприятных ландшафтно-геоморфологических обстановках, что обуславливает обоснованный выбор сети последующих поисковых и разведочных работ, установление структурных позиций известных и прогнозируемых рудовмещающих зон и рудных тел, аргументированные предположения о геодинамической обстановке рудообразования, а в ряде случаев – прояснение некоторых моментов геологической эволюции рудного поля.

Объектом научно-методического исследования послужило Монголийское перспективное

рудное поле, расположенное в Тындинском районе Амурской области, исходными материалами – данные рекогносцировочных геолого-поисковых маршрутов и литогеохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния в центральной части рудного поля (22 км²). Уточнение геолого-структурной схемы Монголийского рудного поля, а также характеристика структурно-геодинамических условий локализации оруденения в пределах его изученной части являлись основными задачами.

Геологическое строение Монголийского рудного поля. Монголийское рудное поле – составная часть одноименного рудно-россыпного узла, который располагается в области активизации Селенгино-Становой складчато-блоковой системы на южном краю Могочинского выступа архейско-протерозойского фундамента (рис. 1). Монголийский узел приурочен к системе региональных долгоживущих сдвиговых разломов восток-северо-восточного простирания значительной амплитуды (до 75 км) при преобладании левосторонних подвижек, смещающих и раскрывающих более древние системы разрывных нарушений субмеридионального и северо-западного простираний. Для разломов восток-северо-восточной системы характерны крутые углы падения на юг.

Располагается Монголийское рудное поле в центральной части узла, в надапикальной части Ольдойского выхода Хайктинского массива позднеюрских гранитоидов амуджиканского комплекса [7; 8]. Рудное поле отличается сложным мозаично-блоковым строением с существенным различием свойств и состава пород, слагающих различные блоки. В геологическом строении принимают участие блоки, сложенные раннеархейскими гнейсами, кристаллосланцами, амфиболитами могочинской метаморфической серии, тела раннеархейских метагаббро кенгуракского комплекса, гранитоидов позднестанового комплекса раннего протерозоя (?), субщелочные лейкократовые гранитоиды нерчуганского комплекса раннего триаса, небольшие тела и рои даек 2-й и 3-й фаз амуджиканского комплекса юрского возраста.

Россыпи Монголийского узла были открыты во второй половине XIX в. Суммарно из россыпей добыто около 9 т золота, обработка их продолжается в настоящее время. Первые сведения о коренной золотоносности узла относятся к началу XX в. (Шахта Мосина), в 1930-е годы были открыты медно-молибденовые рудопроявления. Однако дальнейшие поисковые работы на коренное оруденение, выполненные в 1930–1980-е годы (В. Т. Кадеш, 1954; А. Ф. Андреев, 1961; А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров, 1985; М. И. Копылов, 1986), не привели к открытию промышленно значимых рудопроявлений золота, меди и молибдена.

В ландшафтно-геоморфологическом отношении территория рудного узла представляет собой

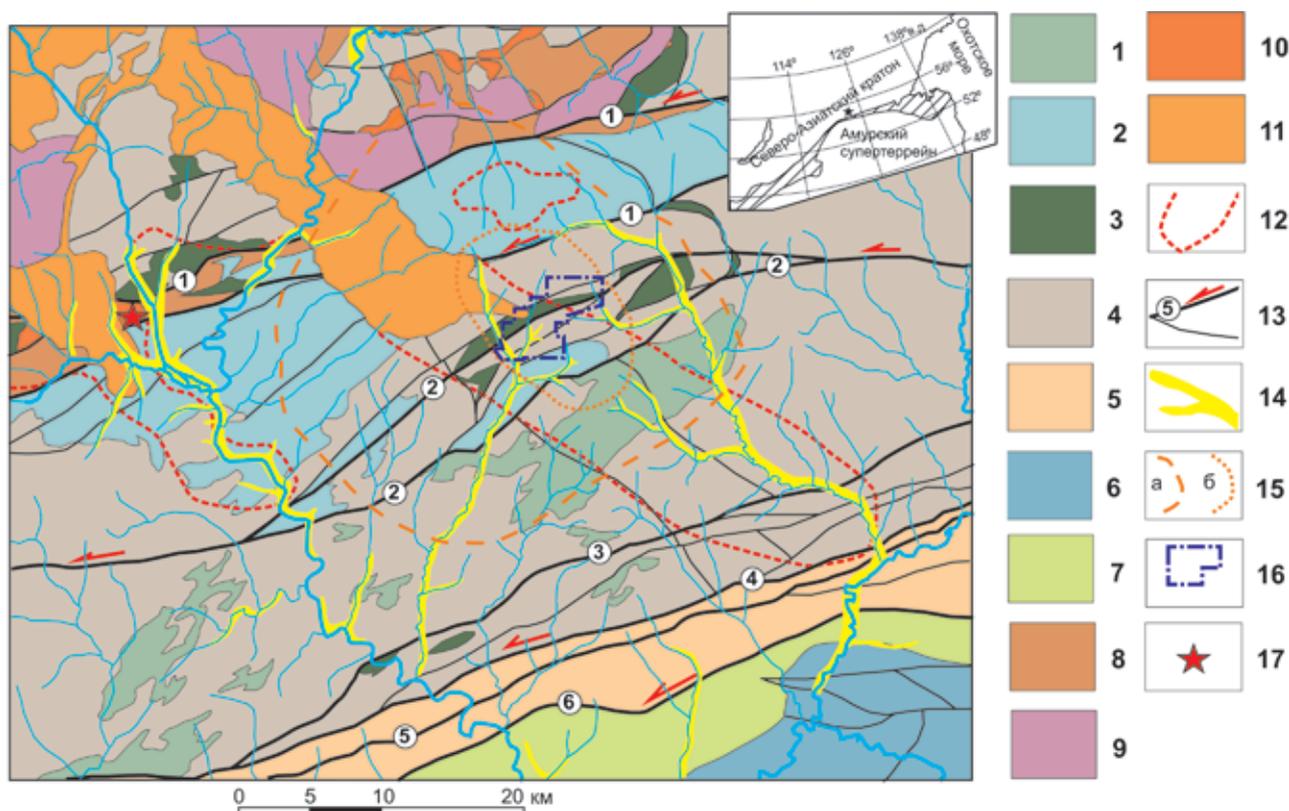


Рис. 1. Геолого-структурная схема Монгольского рудно-россыпного узла (по [7; 8] с добавлениями авторов)

1–4 – архейско-раннепротерозойский выступ кристаллического фундамента: 1 – усть-гиллюйская метаморфическая толща (AR₁): гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, глиноземистые гнейсы и кварциты, 2 – могочинская метаморфическая толща (AR₁): гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, пироксениты, эклогитоподобные породы, 3 – кенгуракский комплекс метагабброидов (vAR₁), 4 – позднестановой комплекс нерасчлененный (PR₁?): гнейсовидные гранитоиды, полосчатые гнейсо-граниты, диориты, сиениты, монзониты, теневые мигматиты; 5 – структуры Монголо-Охотского складчатого пояса (S–J); 6 – структура Аргуно-Мамынского массива, северная окраина Амурского супертеррейна (S–K); 7 – наложенная Уруша-Ольдойская впадина (K₂–N₁); 8–12 – позднепалеозойские и мезозойские наложенные структуры тектоно-магматической активизации: 8 – трахиандезит-трахириолитовая вулканогенно-осадочная формация (P₂), 9 – риолит-трахириолитовая вулканогенная формация (T₁₋₂), 10 – субщелочные лейкограниты, граносиениты нерчуганского комплекса (T₁₋₂), 11 – Хайктинская интрузия субщелочных гранитов-гранодиоритов-граносиенитов амуджиканского комплекса (J₃), 12 – контуры роев даек – сателлитов Хайктинского массива над нескрытыми частями интрузии; 13 – главные и второстепенные разломы (1 – Южно-Ольдойский, 2 – Монгольский, 3 – Урка-Ольдойский, 4 – Урка-Крестовский, 5 – Шахтаунский, 6 – Южно-Тукуринский), красными стрелками показаны направления смещений по главным разломам; 14 – отработываемые россыпи золота; 15 – контуры Монгольского золото-медно-молибденового рудно-россыпного узла (а) и перспективного рудного поля (б); 16 – контур участка работ; 17 – Березитовое золото-сульфидно-кварцевое месторождение. На врезке штриховкой отмечено положение Монголо-Охотского складчатого пояса

сильно заросшее выровненное таежное низкогорье с перепадами высоты до 300–400 м. Обнажения коренных пород крайне редки, значительная часть площади полностью задернована. Такая обстановка резко снижает эффективность геологических поисковых и съемочных работ, требует массивного применения легких горных работ для картирования. При этом склоновое смещение вторичных ореолов рассеяния рудных и петрогенных элементов, развитых в элювиально-делювиальных отложениях, относительно невелико (как правило, до нескольких десятков метров), и в ряде случаев им можно пренебречь.

По данным предшествующих работ, рудопроявления Монгольского рудного поля приурочены к северо-восточным и субширотным структурам (С. Б. Нестеров, 1986), представлены кварцевыми жилами, жильными зонами, зонами

дробления и кварцевого прожилкования, сопровождаются зонами гидротермально-метасоматических изменений пород (березитизация, сульфидизация, окварцевание) до 20 м мощностью.

Структурно-геодинамическая позиция золоторудных тел Монгольского рудного узла определяется значительными напряжениями в геологической среде, возникавшими при смещениях по крупным региональным сдвигам восток-северо-восточного простирания (см. рис. 1). Геологическая среда рудно-россыпного узла и входящего в его состав Монгольского рудного поля резко неоднородна, разделена на множество блоков, сложенных различающимися по составу породами. На участках неоднородностей геологической среды разных уровней концентрируются напряжения и, как следствие, основные дизъюнктивные деформации среды.

Методика исследования. Для построения геолого-структурной схемы изученной части Монгольского рудного поля были использованы моноэлементные и полиэлементные АГХП, построенные на основе данных литогеохимической съемки по вторичным ореолам, при которой был опробован иллювиальный горизонт почв по сетям 100×100 и 200×200 м, анализировалась фракция < 1 мм рыхлых отложений. Анализ проб выполнялся в лаборатории ООО «АЛС Чита-Лаборатория»: на золото – методом пробирной плавки (навеска 50 г) с окончанием методом оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES), на серебро – методом атомно-абсорбционной спектрометрии с разложением проб в царской водке, на остальные девять порообразующих (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Ti) и 23 микроэлемента (As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, La, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Sr, Th, Tl, U, V, W, Zn) – методом ICP-OES с разложением проб смесью азотной, хлорной, плавиковой и соляной кислот. По содержанию элементов были построены как моноэлементные, так и полиэлементные геохимические карты, последние – в виде карт изолиний значений факторов, рассчитанных с помощью факторного анализа геохимических данных (значения факторов представляют собой полиэлементные показатели, вычисленные как взвешенные суммы стандартизованных значений логарифмов содержаний элементов соответствующей ассоциации, в которых факторные нагрузки играют роль весовых коэффициентов).

При построении геолого-структурной схемы по материалам литогеохимической съемки с учетом результатов рекогносцировочных геолого-поисковых маршрутов на картах-разносах содержания элементов и картах изолиний выделялись блоки и линеаменты, т. е. площадные и линейные структуры.

В качестве основы геолого-структурной интерпретации АГХП использовались три положения:

1. Площадные структуры АГХП рассеяния образуются при разрушении породных блоков, различных по химическому составу и, соответственно, по физико-механическим свойствам, а также мощных зон тектонической и метасоматической проработки пород на участках пересечения разноориентированных дизъюнктивных структур, в тенях давления жестких компетентных блоков и зонах влияния глубинных разломов.

2. Линейные структуры АГХП рассеяния образуются при разрушении линейных дайковых и минерализованных образований, которые приурочены к тектоническим нарушениям и их оперению, в том числе пород, залегающих в зонах тектонических нарушений, но не испытавших существенной гидротермально-метасоматической проработки. Любые дизъюнктивные нарушения имеют закономерно построенную инфраструктуру [4; 9; 13; 17; 20], составленную из иерархически соподчиняющихся магистральных разрывных нарушений, структур смыкания (как правило, дуплексного типа), структур оперения, в том

числе выполненных рудными и интрузивными телами, активизированных и приспособленных элементов более ранней разломной сети.

3. Анализ пространственных рисунков моно- и полиэлементных АГХП с использованием выделения разнотипных площадных и линейных элементов (блоков и линеаментов) позволяет расшифровать закономерности тектоногенеза территории, образования структурных парагенезисов и разломной инфраструктуры.

Применялся четырехэтапный порядок выделения основных структурных элементов, которые выявлялись в следующей последовательности:

1) основные и второстепенные блоки, соответствующие породам разного состава;

2) блоки, отвечающие наложенным процессам: площадные гидротермально-метасоматические поля, мощные тектонические зоны, дайковые поля и др.;

3) линеаменты, предположительно отвечающие основной и оперяющей дизъюнктивной сети. Базой для их выделения и дешифрирования являются ориентировка и внутренняя структура вытянутых породных блоков, в том числе испытавших воздействие наложенных процессов, ориентировка линейных полос моно- и полиэлементных АГХП элементов-индикаторов зон повышенной проницаемости;

4) линеаменты, выраженные в моно- и полиэлементных АГХП, отвечающие гидротермально-метасоматическим образованиям, которые выделяются на структурной основе уже выявленных блоков и линеаментов.

Выделенные линеаменты, отвечающие элементам разломных парагенезисов, анализировались по своему положению относительно магистрального разрывного нарушения, в данном случае – Монгольского разлома. Дизъюнктивам присваивались индексы, согласно известной компилятивной схеме Хэнкока [22], на которой собраны вместе и обозначены все возможные вторичные нарушения для зоны правого простого сдвига.

С точки зрения прогноза оруденения в пределах Монгольского рудного поля наибольший интерес представляют зоны напряжений относительно растяжения в обстановке сдвига (зоны трансенсии).

При выявлении основных структурных элементов АГХП учитывалось, что химические элементы в рыхлых отложениях подвержены гипергенной миграции: механическому переносу в составе обломочного материала и глинистых частиц, растворенному переносу поверхностным стоком и грунтовыми водами с последующим возможным осаждением на ландшафтных геохимических барьерах, что вызывает некоторое смещение вторичных ореолов рассеяния от их коренных источников. Кроме того, принималось во внимание, что некоторые химические элементы могут одновременно входить в две или несколько ассоциаций и следовательно участвовать в разных структурных элементах рисунка АГХП рудного поля.

Результаты исследования. Наибольшие значения коэффициентов вариации содержаний элементов и максимальных коэффициентов концентрации в пробах рыхлых отложений демонстрируют молибден, золото и медь, что отражает специализацию рудной минерализации в пределах изученной площади.

В результате проведения факторного анализа совокупности данных по рыхлым отложениям выделяется три главных фактора и соответствующие им три ведущие элементные ассоциации (таблица). Фактор 1 имеет максимально высокие положительные нагрузки на базифильные элементы: Mg, Sc, Ni, Co, Cr, Fe, V, Zn – и однозначно интерпретируется как показатель накопления в рыхлом покрове продуктов выветривания и дезинтеграции основных пород. Фактор 2 отражает главным образом ассоциацию La, Ba и As, которым сопутствуют Pb, P, K, Th, а антагонистом является Ca. Фактору 3 соответствует ассоциация Be, Na, Al, Sr, к которым тяготеет U, а противоположную тенденцию демонстрирует Ti. Элементный состав этих ассоциаций свидетельствует об их петрогенности, отражающей изменчивость состава подстилающих рыхлые отложения пород. В свою очередь, корреляционные связи Au, а также Cu и Mo с другими халькофильными элементами во вторичных ореолах, несмотря на значительные диапазоны изменения их содержаний, оказались недостаточно сильными для того, чтобы образовать тесные рудогенные ассоциации, которые могли бы выделиться в виде главных факторов.

В пределах покрытой литогеохимической съемкой части Монголийского рудного поля можно выделить несколько площадных комплексных АГХП, отвечающих породным блокам разного состава (рис. 2).

Наиболее отчетливо выделяются положительные АГХП базифильных элементов (Mg, Sc, Ni, Cr, Co, V, Fe и др.), которым отвечает полоса северо-восточного – восток-северо-восточного простирания, протягивающаяся через весь участок и включающая блоки 1 и 2 (рис. 2, А).

Породный блок 1 интерпретируется как включающий серию сближенных тел метагбброидов кенгуракского, а также гибридных диоритоидов позднестанового комплексов в лежачем северном боку Монголийского разлома. Интрузии расчленены разновозрастными разнонаправленными дизъюнктивами на отдельные блоки и тектонические клинья меньшего размера. Метагбброиды в различной степени гранитизированы, интенсивно динамометаморфизованы до милонитов и бластомилонитов. Сложная внутренняя структура блока 1 хорошо проявлена на картах значений факторов 1 и 2, а также отдельных базифильных элементов. Выделенные в пределах блока по наиболее высоким значениям фактора 1 породные блоки 2 соответствуют наименее гранитизированным и метаморфизованным телам метагбброидов. Границы и ориентировка этих блоков отражают положение разрывных нарушений.

Факторные нагрузки по результатам факторного анализа данных по рыхлым отложениям

Химический элемент	Факторы		
	1	2	3
lg Au			
lg Ag			
lg Al	0,49		0,59
lg As		0,62	
lg Ba	-0,37	0,68	
lg Be	0,36		0,72
lg Bi			
lg Ca	0,68	-0,47	
lg Cd			
lg Co	0,88		
lg Cr	0,87		
lg Cu	0,72		
lg Fe	0,87		
lg Ga			
lg K	-0,74	0,38	
lg La		0,81	
lg Mg	0,94		
lg Mn	0,68		
lg Mo	0,38		
lg Na	-0,51		0,64
lg Ni	0,90		
lg P	0,60	0,39	
lg Pb		0,47	
lg S	0,43		
lg Sb			
lg Sc	0,91		
lg Sr			0,57
lg Th		0,36	
lg Ti	0,56		-0,37
lg Tl			
lg U			0,36
lg V	0,87		
lg W			
lg Zn	0,79		
Vec, %	29,6	8,5	6,8

Примечание: жирным выделены нагрузки, превышающие по абс. величине 0,60; нагрузки, абс. величина которых менее 0,30, не показаны.

Крупный породный блок 4, расположенный на юге участка, рассматривается как область залегания пород «пестрого» состава – отдельных субпластовых (?) тел метагбброидов кенгуракского комплекса, субпластовых тел метаморфогенных гранитоидов позднестанового (?) комплекса в гнейсо-амфиболит-кристаллосланцевой толще. Блок представляет собой совмещение незначительно проявленного АГХП базифильных элементов и АГХП Na-Sr-Be-Al гранитоидной ассоциации. Эта интерпретация подтверждена результатами рекогносцировочных маршрутов. Следует отметить крайне сложное строение АГХП в блоке 4. Имеется три основных направления изменчивости АГХП литофильных элементов: субширотно-северо-восточное

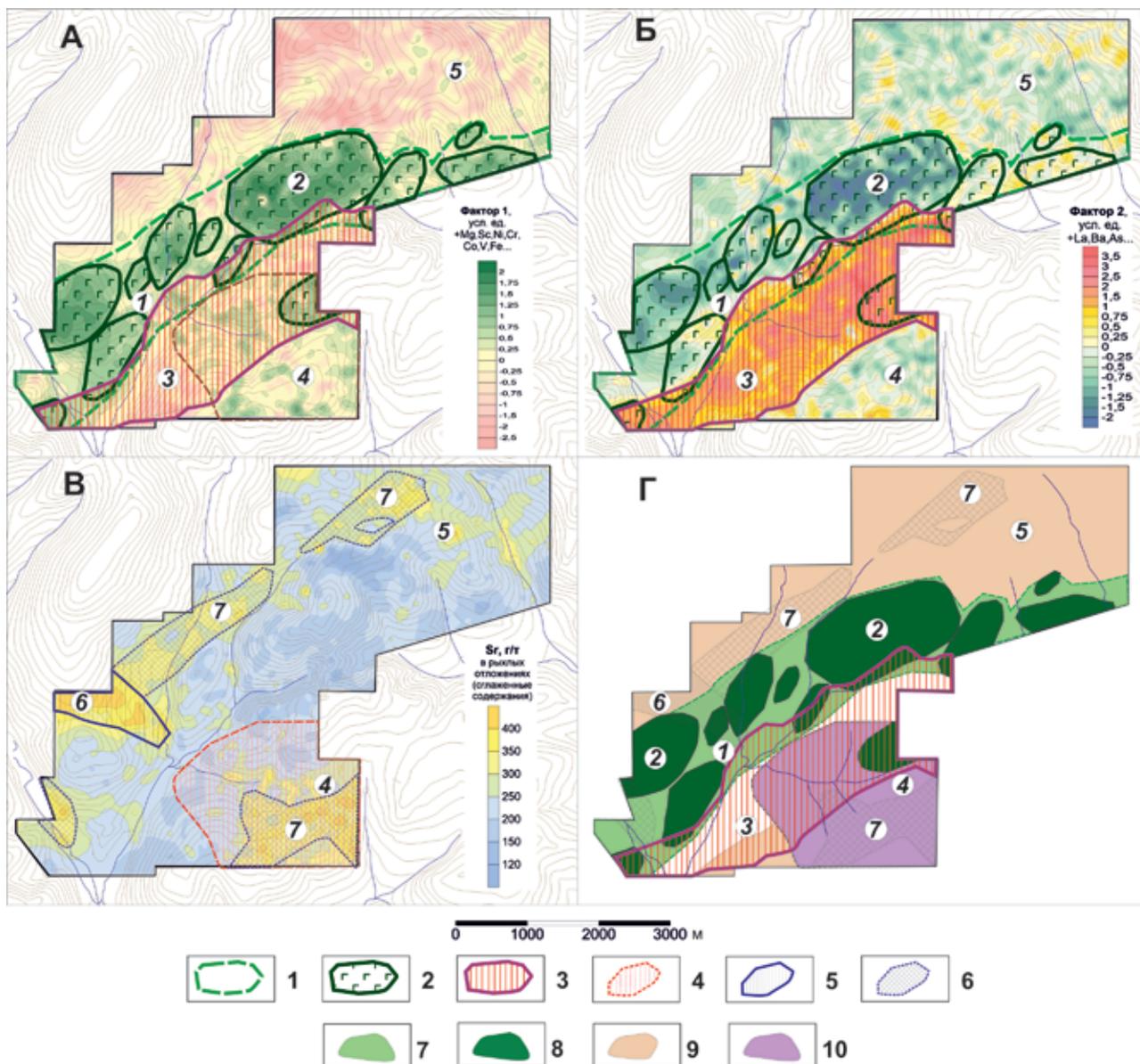


Рис. 2. Площадные АГХП и их геологическая интерпретация: на карте изолиний фактора 1 (А), фактора 2 (Б), содержания Sr (В), Г – общая схема блоковой составляющей структурных рисунков АГХП

1 – полоса развития метагабброидов и гибридных диоритоидов; 2 – отдельные тела метагабброидов, наименее подвергшиеся метасоматическим процессам и гранитизации; 3 – центральная часть Монголийского разлома и приразломные диафориты; 4 – блок «пестрого» состава с отдельными телами габброидов, гранитоидов в гнейсо-кристаллосланцевой толще; 5 – апикальная часть Хайктинского массива субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса; 6 – площадь развития дайковых образований среднего и кислого составов амуджиканского комплекса; 7 – полоса развития метагабброидов кенгураского и гибридных диоритоидов позднестанового комплексов; 8 – отдельные тела метагабброидов, наименее подвергшиеся метасоматическим процессам и гранитизации; 9 – блок гранитоидов позднестанового и лейкогранитов нерчуганского комплексов; 10 – блок «пестрого» состава с отдельными телами метагабброидов, гранитоидов в гнейсо-кристаллосланцевой толще. Цифры в кружках – породные блоки (описание в тексте)

и субмеридиональное для АГХП базифильной (фактор 1) и гранитоидной ассоциаций, северо-западное для АГХП Sr и Na. При этом максимальные содержания гранитоидной ассоциации в рыхлых отложениях как бы облекают максимумы базифильной ассоциации, а аномалии Sr и в меньшей степени Na пересекают их.

Породный блок 5, охватывающий обширную территорию на севере и северо-востоке участка, соответствует полям распространения

гранитоидов позднестанового (?) и лейкогранитов нерчуганского (?) комплексов.

Блок 6 на западе участка характеризуется как площадь Ольдойского выхода на поверхность субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса. В его пределах развито АГХП северо-западного простирания существенно стронциевой специализации при меньшем вкладе Na и Ba. Схожие по спектру элементов АГХП, но меньшей интенсивности, отвечают полям развития даек

и малых тел амуджиканского комплекса кислого и среднего составов (блоки 7), имеют преобладающую северо-восточную и осложняющую северо-западную ориентировку. Наложенные на гранитоидный блок 5 дайковые поля протягиваются с юго-запада на северо-восток несколько севернее блоков 2, с северо-запада на юго-восток на продолжении Ольдойского выхода и с юго-запада на северо-восток в пределах «пестрого» габбро-гранит-гнейсо-кристаллосланцевого блока 4. Наличие дайковых образований как кислого, так и среднего-основного составов подтверждено маршрутными наблюдениями в виде делювиальных глыбовых развалов

На блоки 1, 2 и 4 наложены контрастные АГХП La-Ba-As-Sb ассоциации, выделяющиеся аномалиями значений фактора 2. Это блок 3, который рассматривается как зона диафоритов и диафоритизированных пород, протягивающаяся по центральной части Монголийского разлома. Линейные аномалии меньшей интенсивности за пределами блока 3, скорее всего, следует трактовать как дизъюнктивы той же системы, но менее подвергшиеся диафорезу. Исходя из характера взаимоотношения геохимических полей, самым молодым наложенным процессом является диафорез, но при этом гранитоиды амуджиканского комплекса были подвержены ему в меньшей степени, чем прочие породы.

Основной мотив структурного рисунка площади определяется Монголийской системой разломов восток-северо-восточного простирания (аз. СВ 60°–75°) и системами ее оперения северо-восточного и субширотного простираний (аз. СВ 35°–45° и В 80°–105°). Реликты субмеридиональной Средне-Иличинской системы дизъюнктивов хорошо заметны в деталях внутреннего рисунка габброидных блоков 1 и 2 и «пестрого» блока 4, а также по ориентировке гидросети и линеаментам, дешифрируемым по аэро- и космоснимкам. Ее элементы фрагментированы либо приспособлены к близортогональной восток-северо-восточной сдвиговой тектонике. Наличие Средне-Иличинской системы разломов, близортогональной к Монголийской, несомненно, оказывало серьезное влияние на геологическое развитие территории, формирование структурных парагенезисов, локализацию магматизма и оруденения. Линеаменты, отвечающие дизъюнктивам этих направлений, отчетливо видны на моно- и полиэлементных картах как петрогенных (рис. 3), так и рудных (рис. 4) элементов.

На основной восток-северо-восточный мотив структурного рисунка АГХП исследованной части Монголийского рудного поля отчетливо наложен запад-северо-западный (аз. прост. 300°–320°) с восток-северо-восточным оперением (аз. прост. 65°–80°), отвечающий раскрытию структур при внедрении субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса, ориентировке Ольдойского выступа Хайктинского массива (блок 6) и дайковых полей (блоки 7). Он наиболее проявлен в АГХП Sr (рис. 2, В), в меньшей

степени Na (рис. 3, В), а также Ba, K, Mg (рис. 3, Б).

На основе выделенных блоково-породных и линейно-дизъюнктивных элементов структурного рисунка АГХП и их геологической интерпретации построена предварительная геологическая структурная схема площади (рис. 3, Г), где отчетливо выделяется Монголийская система разломов восток-северо-восточного простирания со структурами оперения, отвечающими левосторонним сдвигам. Системы оперения северного лежачего и южного висячего боков сдвиговой зоны резко различаются, что, скорее всего, связано с резким различием физико-механических свойств пород. Линзовидно-ромбовидная структура в юго-восточной части центральной зоны диафоритов, исходя из левосдвиговой кинематики разломов, интерпретируется как дуплекс растяжения на изгибе сдвиговой зоны [9], который, вероятно всего, образовался под влиянием более компетентного габброидного блока в лежачем крыле сдвиговой зоны. В наиболее массивном теле метагабброидов и на его северо-восточном окончании отмечается серия дуговидных структур, что можно интерпретировать как серию взбросо-сдвигов в блоке основных пород, образовавшуюся при деформациях сдвига с кручением компетентного жесткого блока в лежачем боку сдвиговой зоны.

При рассмотрении линеаментов АГХП Cu и Mo обнаруживается значительное сходство структурных рисунков, но наиболее интенсивные аномалии пространственно совпадают только частично (рис. 4). В свою очередь, вторичные литогеохимические ореолы золота обуславливают три главные площадные аномалии: северную, центральную и южную (рис. 4, В). Медь формирует обширное аномальное поле в центре участка, которое в своей северо-восточной части перекрывается с северной аномалией золота, но в целом смещено от нее на юго-запад. Аномальные поля молибдена частично совмещены с полями меди, но в целом смещены еще больше в юго-западном направлении. В пределы центральной и южной аномалий золота попадают только некоторые слабые аномалии меди и молибдена. Латеральная геохимическая зональность с главными аномалиями молибдена в центре, смещенными от них на фланги аномалиями меди и еще дальше на периферию – аномалиями золота может либо отражать наличие общей рудообразующей системы золото-медь-молибден-порфирового типа, в пределах которой располагаются отдельные рудопроявления указанных металлов, либо являться результатом наложения нескольких разновозрастных этапов минерализации в пределах единой крупной проницаемой зоны. Последнее, как будет показано ниже, более вероятно.

В АГХП Cu и Mo можно выделить три основных структурных элемента: протяженные невысокой интенсивности линеаменты субмеридионального простирания, интенсивная аномалия в пределах габброидного блока и менее интенсивная – в центральной части поля диафоритов,

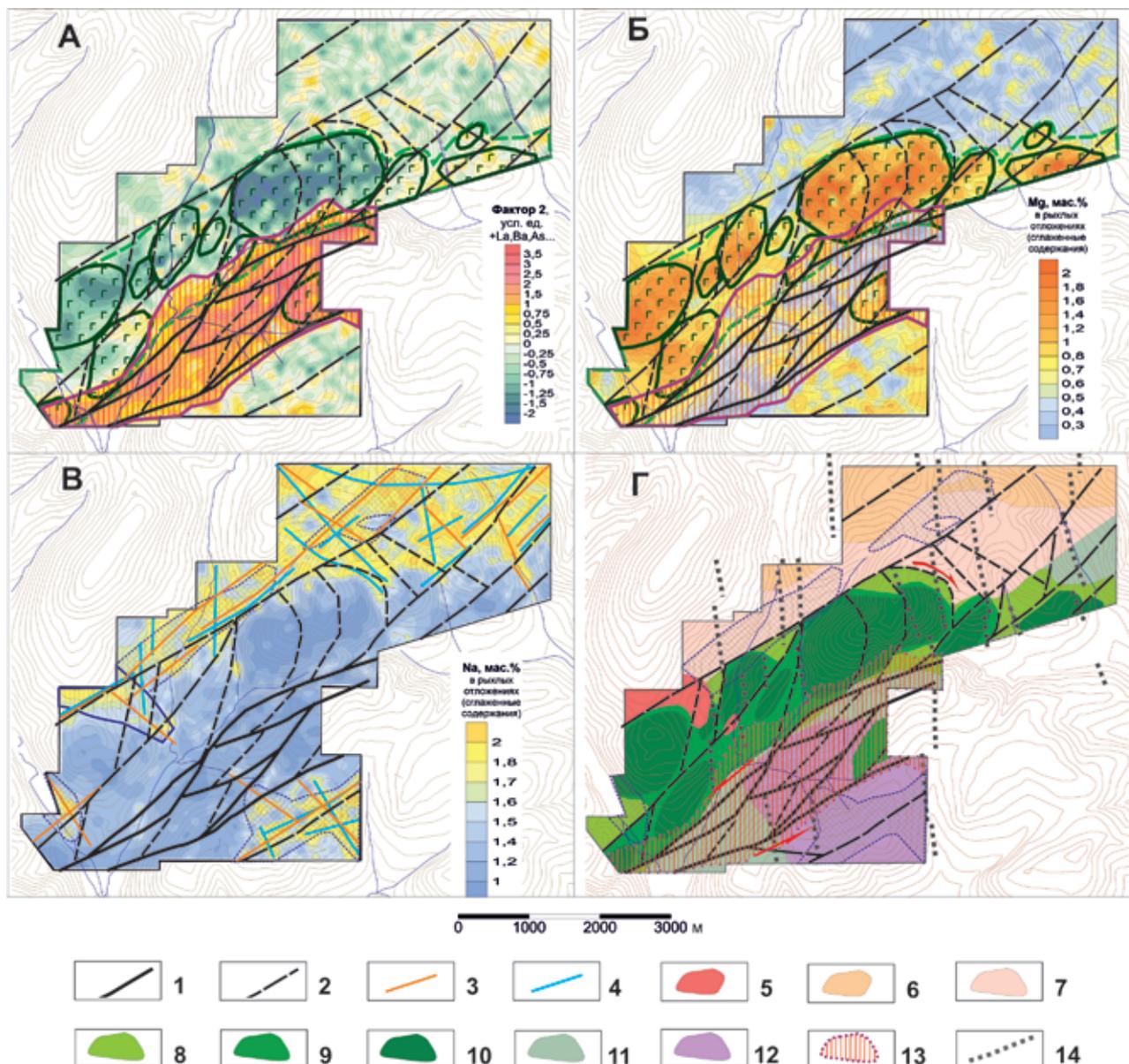


Рис. 3. Лінементи АГХП, відповідаючі диз'юнктивній мережі, на картах ізоліній фактора 2 (А), вмістів Mg (Б) і Na (В), Г – геолого-структурна схема

1, 2 – лінементи, відповідаючі: 1 – основній диз'юнктивній мережі; 2 – оперюючій мережі; 3, 4 – лінементи, побудовані за картою ізоліній вмісту Sr (3) і Na (4); 5 – апікальна частина Хайктинського масиву субщелочних гранітоїдів амуджиканського комплексу ($\epsilon\gamma J_3a$); 6 – лейкограніти нерчуганського (?) комплексу раннього триаса ($\epsilon\gamma T_1n?$); 7 – гранітоїди позднестанового комплексу раннього протерозоя ($\delta\gamma PR_1p?$); 8 – полоса розвитку гібридних діоритоїдів позднестанового комплексу ($q\delta PR_1p?$); 9 – полоса розвитку метагабброїдів кенгуракського комплексу (vAR_1); 10 – окремі тіла метагабброїдів, найменше підвержені метасоматическим процесам і гранітизації; 11 – гнейсо-кристалосланцева товща (mAR_1); 12 – блок пестрого складу: окремі тіла габброїдів (vAR_1), гранітоїдів ($\gamma PR_1p?$, $\epsilon\gamma T_1n?$, $\epsilon\gamma J_3a$) в гнейсо-кристалосланцевій товщі (mAR_1); 13 – центральна частина Монгольського розлому і прирозломні діафоріти; 14 – лінементи, сняті з космоснимків, відповідаючі субмеридіональній Середне-Иличинській системі розривних порушень. Прочіе умовні позначення до схем інтерпретації см. на рис. 2

в передполаганому дуплексі згибу Монгольського розлому. Лінементи субмеридіонального простягання в західній і східній частих вивченої площі, ймовірно, відповідають пронизуваним зонам Середне-Иличинської системи розривних порушень. Аномалію в блоці метагабброїдів можна описати як комбінацію інтенсивних, часто кулісообразних, северо-східних структур 2-го порядку (аз. прост. $40^\circ-60^\circ$)

с часто спостережуванім оперенням 3-го порядку северо-західного простягання (аз. прост. $300^\circ-320^\circ$) при наявності менш інтенсивних, обмежуваних северо-східних структур, лінементів субмеридіонального простягання. Аномалія в межах дуплекса розтягання представляє собою комбінацію северо-східних структур (аз. прост. $40^\circ-60^\circ$) і северо-західного оперення (аз. прост. $310^\circ-350^\circ$).

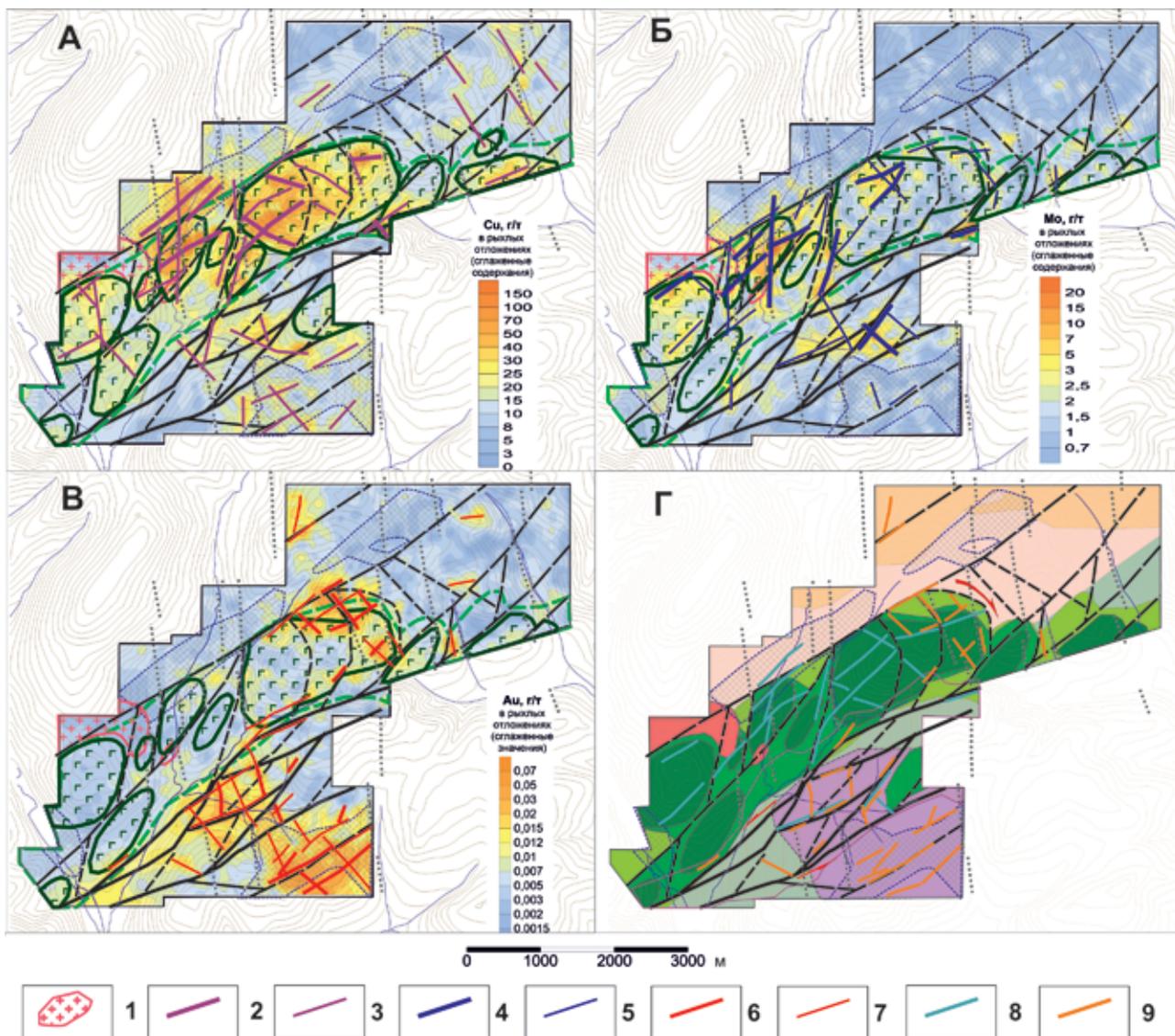


Рис. 4. Линеаменты АГХП, отвечающие гидротермально-метасоматическим образованиям, на картах содержаний Cu (А), Мо (Б), Au (В), Г – генерализованные линеаменты медно-молибденовой и золоторудной минерализаций на геолого-структурной схеме

1 – апикальная часть Хайктинского массива субшелочных гранитоидов амуджиканского комплекса (εУ₃а); 2, 3 – линеаменты основные (2) и второстепенные (3), выделенные по АГХП Cu; 4, 5 – линеаменты основные (4) и второстепенные (5), выделенные по АГХП Мо; 6, 7 – линеаменты основные (6) и второстепенные (7), выделенные по АГХП Au; 8, 9 – генерализованные линеаменты медно-молибденовой (8) и золоторудной (9) минерализации. Прочие усл. обозн. к схемам интерпретации см. на рис. 2, к геологической – на рис. 3

Линеаменты АГХП Cu и Мо отвечают минерализации, образовавшейся в обстановке относительной левосдвиговой транспрессии (сдвиг + сжатие) лежачего бока Монгольской системы разломов. Происходила активизация элементов ортогональной Средне-Иличинской системы разломов по трансформному типу в центральной части метагэбброидного блока. Эти элементы функционировали в режиме правого сдвига, вследствие чего в его пределах возникли три различных обстановки рудолокализации (рис. 5, А).

1) На юго-западе, в домене 1, раскрывались восток-северо-восточные структуры, субпараллельные главному разлому, по механизму

взбросо-сдвига (У-тип, здесь и далее – типы по схеме Хэнкока [22]).

2) В центральной части образовался клиновидный домен 2 между активизированными палеосдвигами Средне-Иличинской системы, где открывались кулисообразные трещины отрыва восток-северо-восточного простираения при активности и проницаемости субмеридиально-северо-северо-восточных структур (R'-тип?). Домен находился в обстановке относительного растяжения, наибольшей проницаемости структур и наибольшей деформированности среды. К нему приурочены максимальные содержания Мо и Cu в рыхлых отложениях. В его пределах известно (А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров,

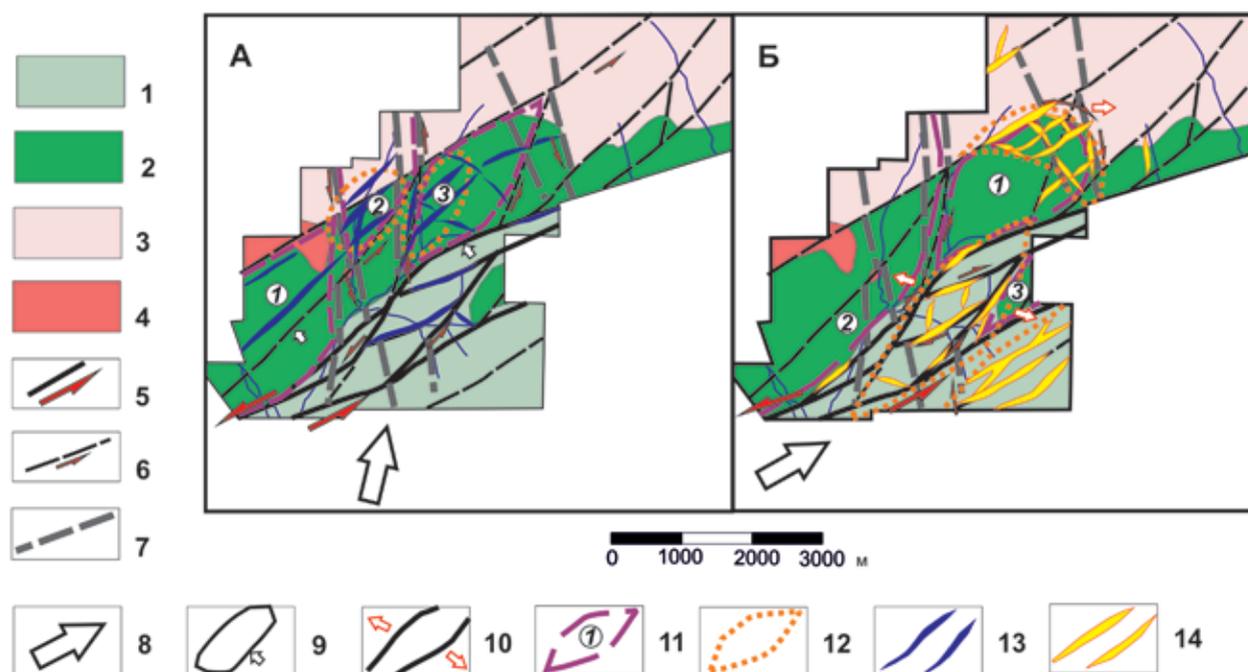


Рис. 5. Геолого-структурная и геодинамическая позиция генерализованных линеаментов медно-молибденовой (А) и золоторудной (Б) минерализаций

1 – гнейсо-кристаллосланцевая толща с отдельными телами гранитоидов и метагабброидов; 2 – полоса развития метагабброидов кенгуракского (vAR_1) и гибридных диоритоидов позднеэоценового комплекса ($q\delta PR_{1p}?$); 3 – лейкограниты нерчуганского (?) комплекса раннего триаса ($\epsilon\gamma T_1 n?$) и гранитоиды позднеэоценового комплекса раннего протерозоя ($\delta\gamma PR_{1p}?$); 4 – апикальная часть Хайктинского массива субщелочных гранитоидов амуджиканского комплекса ($\epsilon\gamma J_3 a$); 5, 6 – линеаменты, отвечающие: 5 – основной дизъюнктивной сети сдвиговой кинематики, и направление смещений, 6 – опережающей дизъюнктивной сети, и направление смещений (6); 7 – линеаменты, выделенные по космоснимкам, отвечающие субмеридиональной Средне-Иличинской системе разрывных нарушений; 8 – региональные направления основного сжимающего напряжения ($\sim\sigma_1$) на этапах формирования Cu-Mo (А) и Au-рудной (Б) минерализаций; 9, 10 – направления локальных: сжатия ($\sim\sigma_2$) (9) и растяжения ($\sim\sigma_3$) (10); 11 – отдельные блоки пород, оказывающие значительное влияние на рудолокализацию (домены); 12 – наиболее перспективные участки распространения Cu-Mo и Au-рудной минерализации; 13, 14 – предположительно, соответствующие перспективным рудным зонам и телам генерализованные линеаменты минерализаций: Cu-Mo (13) и Au-рудной (14)

1986; В. О. Ильченко и др., 2016) одно из наиболее перспективных рудопроявлений – зона Восточная, представляющая собой кварцевую жилу мощностью до 6 м северо-восточного простирания и протяженностью около 700 м (при ширине блока около 800 м) с содержаниями Cu и Mo до 1 %, Au до 2 г/т, а также ряд других более мелких Cu-Mo рудопроявлений кварцево-жильного и жильно-прожилкового типов в зонах восток-северо-восточного и северо-северо-восточного простираний.

3) В восточной части, в домене 3 метагабброидов, происходило кручение блока против часовой стрелки, при этом северо-восточные структуры раскрывались по типу трещин скола-отрыва при активности трещин отрыва северо-западного простирания. В предполагаемой геодинамической обстановке в юго-западной части блока должна была присутствовать обстановка относительного растяжения при повышенной проницаемости структур на их пересечениях и высокая деформированность среды. Именно к юго-западной части блока 3 приурочены высокие содержания Mo и Cu в рыхлых отложениях, а также несколько известных (А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров, 1986) Au-Cu-Mo рудопроявлений,

представляющие собой кварцевые жилы и зоны дробления северо-восточного и северо-западного простираний.

Заметим, что локализация Cu-Mo минерализации в пределах дуплекса изгиба отвечает геодинамической обстановке транспрессии, при которой наиболее проницаемыми структурами будут вторичные трещины отрыва.

Рисунок АГХП Au (см. рис. 4, В) существенно отличается от рисунков АГХП Cu и Mo, что является аргументом в пользу разорванных во времени этапов формирования медно-молибденового с золотом и собственно золотого оруденений. В рисунке АГХП Au можно выделить комбинацию восток-северо-восточных структур (аз. прост. $60^\circ - 80^\circ$) с северо-западными и северо-северо-западными структурами (аз. прост. $300^\circ - 330^\circ$ и $330^\circ - 355^\circ$), образующую три главные аномалии, существенно различающиеся по геолого-структурной обстановке. При этом все три аномалии золота приурочены к локальным структурам относительного растяжения, обладают четкой, закономерно построенной внутренней структурой.

Линеаменты АГХП Au соответствуют минерализации, образовавшейся в геодинамической обстановке активных левосдвиговых деформаций

при заметной роли деформаций кручения отдельных компетентных блоков пород за счет тектонической активизации межпородных контактов и элементов субмеридиональной палеосети разрывных нарушений. При этом возникли следующие три геодинамические обстановки локализации потенциальных золотоносных зон и золоторудных тел (рис. 5, Б).

1) Северная аномалия Au расположена на северо-восточном контакте массивного тела метагабброидов (блок 1 на рис. 5, Б), где при деформации сдвига с кручением возникла локальная область относительного растяжения (транстензии) по типу тени давления деформационного фронта сдвигообразования. По вторичным сколам (аз. прост. 330° – 350°) X-типа, в основном в оперяющих сдвигах Y-типа (аз. прост. 50° – 60°), формировались локальные раздвиги и зоны дробления. При этом обстановка относительного растяжения наблюдалась по всем контактам тел метагабброидов. Эти контакты трассируются аномально повышенными содержаниями Au в рыхлых отложениях.

2) Центральная аномалия Au приурочена к дуплексу растяжения на изгибе магистрального сместителя Монголийского разлома. При активных сдвиговых деформациях наиболее активны структуры, отвечающие сколам Риделя R'-типа (аз. прост. 350°) и локальным обстановкам растяжения на изгибах основных разрывных нарушений. Такая обстановка соответствует активному растяжению зоны и увеличению ее объема при невозможности удлинения из-за зажатости между компетентными блоками [21], в данном случае – метагабброидов (блоки 2 и 3 на рис. 5, Б). Именно такой структурный рисунок образуют линеаменты АГХП Au в пределах дуплекса растяжения центральной сдвиговой зоны.

3) Южная аномалия Au приурочена к породному блоку «пестрого» состава и не оконтурена с юга и востока. Как отмечено выше, в гнейсо-амфиболит-кристаллосланцевой толще залегают субпластовые тела метагабброидов и метаморфогенных гранитоидов, прорванные многочисленными дайками кислого и среднего составов. При такой разнице в физико-механических свойствах пород вдоль их контактов будут наблюдаться разрывные нарушения, маломощные тела более хрупких пород – подвергаться объемному катаклазу, а вдоль контактов дайковых тел – отмечаться полости отслоения и зоны линейного катаклаза. Именно в такой обстановке образовалось достаточно сложное по своей структуре АГХП Au, в котором наблюдаются линеаменты восток-северо-восточного простирания (аз. прост. 60° – 80°), отвечающие оперяющим сдвигам Y-типа, субпараллельным главному разлому, при наличии разнонаправленного оперения северо-восточного (аз. прост. 40° – 50° , R'-тип), северо-западного (аз. прост. 310° – 330° , либо X-тип, либо активизация контактов дайковых тел) и северо-северо-западного до субмеридионального простираний (аз. прост. 350° – 10° , R'-тип).

В целом можно сказать, что выделенные линеаменты АГХП медно-молибденовой и золоторудной минерализаций отвечают структурам оперения левосдвиговой зоны восток-северо-восточного простирания, активным в различных геодинамических обстановках, при явном влиянии ранней субмеридиональной сети и неоднородностей геологической среды.

О том, что золоторудная и золотосодержащая медно-молибденовая минерализация формировались на разных этапах геологического развития территории, свидетельствует наличие двух типов кварца: крупнокристаллического серого с гнездовой вкрапленностью сульфидов и окварцованных тектонических брекчий на кварцевом цементе. Для кварца первого типа характерны устойчиво высокие содержания меди и молибдена (до 1–3 %) при низких, на уровне 0,1–1,5 г/т, содержаниях золота; для кварца второго типа – крайне низкие содержания меди и молибдена (на уровне 1–10 г/т) и тоже невысокие, как правило, содержания золота (0,1–1 г/т), хотя иногда отмечаются весьма высокие концентрации (до 300 г/т) и видимое золото. Не исключено, что медно-молибденовая минерализация старше последних фаз внедрения гранитоидов амуджиканского комплекса и поэтому частично ими уничтожена. Об этом косвенно свидетельствуют найденные вблизи апикальной части Хайктинской интрузии развалы ороговикованного со структурами сульфидной пропарки жильного кварца с медно-молибденовой минерализацией, а также характер и взаимоотношения АГХП Cu, Mo и Sr. Следует отметить, что структурная позиция Ольдойского выхода Хайктинского массива позднелюрских гранитоидов амуджиканского комплекса отвечает обстановке правого сдвига по системе северо-восточных разломов, что также свидетельствует о наличии временного разрыва между внедрением последних фаз гранитоидов, развитием медно-молибденовой и золоторудной минерализаций.

Геолого-структурная схема Монголийского рудного поля, созданная на основе структурных рисунков АГХП, согласуется с геологическими схемами и картами предшественников (А. С. Вольский, 1971; С. Б. Нестеров, 1986) и общей геологической обстановкой по государственному геологическим картам масштабам 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 [7; 8]. Геодинамические следствия из геолого-структурной схемы рудного поля согласуются с основными этапами тектонического развития юго-восточной части Селенго-Становой складчато-блоковой области. Данная территория характеризуется ступенчатым наложением нескольких этапов тектонического развития, магматизма и рудообразования [2; 3; 7; 8; 19]. Хотя выделение отдельных этапов и их абсолютные датировки являются дискуссионными, исследователями региона отмечается чередование разных геодинамических обстановок – активной и трансформной континентальных окраин – в позднем палеозое и мезозое [6; 15].

Заключение. В Монголийском золото-медно-молибденовом рудном поле присутствует не менее двух разорванных во времени этапов рудообразования: медно-молибденовый с золотом и золоторудный. Исходя из структурного рисунка АГХП, эти два типа рудной минерализации формировались в различных геодинамических обстановках активной и трансформной континентальной окраин соответственно.

На основе интерпретации структурных рисунков АГХП предполагается несколько различных структурных обстановок локализации медно-молибденового и золотого оруденений, связанных со сложным разломно-блоковым геологическим строением площади, с существенным различием свойств и состава пород, слагающих различные блоки, в условиях значительных динамических напряжений геологической среды. Наиболее существенное воздействие оказывали крупные блоки компетентных пород (интрузивные массивы основного состава), разломные парагенезисы как синрудные, так и дорудные, и блоки пород с резким различием физико-механических свойств отдельных породных тел (гнейсы и кристаллические сланцы – габброиды – гранитоиды). Исходя из геолого-структурной интерпретации АГХП, для медно-молибденовой минерализации характерно преобладающее влияние подвижности отдельных компетентных блоков, тогда как для золоторудной минерализации – кинематика смещений по разломам и физико-механические свойства пород.

Наше исследование показывает высокую эффективность предлагаемого авторами геолого-структурного подхода к расшифровке структурного рисунка АГХП на основе тектонофизической модели структурированной геологической среды. Однако этот подход можно использовать только при анализе проб на широкий круг элементов, включая не только ограниченный набор рудогенных элементов-индикаторов, но и петрогенные элементы.

При продолжении геологоразведочных работ в Монголийском рудном поле необходимо обращать внимание на рассмотренные здесь геолого-структурные обстановки. Вероятнее всего, потенциальные золоторудные месторождения будут иметь очень сложное строение рудных тел, представляющих собой прожилково-окварцованные тектонические брекчии и зоны дробления восток-северо-восточного простирания в сочетании с зонами кварцевого прожилкования и маломощными кварцевыми жилами в трещинах отрыва близмеридионального простирания.

1. Абисалов Э. Г. Интерпретация и оценка вторичных литохимических ореолов рассеяния (структурно-геометрический подход) // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 4–5. – С. 41–45.

2. Авченко О. В. Локальный метаморфизм рудно-метасоматических образований Березитового месторождения / О. В. Авченко, А. С. Вах, В. Г. Сахно, В. А. Степанов,

Е. А. Ноздрачев, О. И. Шарова // Докл. РАН. – 2010. – Т. 432, № 2. – С. 203–209.

3. Вах А. С. Первые U-Pb данные (SHRIMP-II) о возрасте цирконов из гранитоидов и рудоносных пород Березитового золото-полиметаллического месторождения / А. С. Вах, О. В. Авченко, С. А. Сергеев, С. Л. Пресняков // Докл. РАН. – 2011. – Т. 438, № 5. – С. 659–664.

4. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Прикладной аспект / К. Ж. Семинский, А. С. Гладков, О. В. Лунина, М. А. Тугарина. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 291 с.

5. Ворошилов В. Г. Аномальные структуры геохимических полей гидротермальных месторождений золота: механизмы формирования, методика геометризации, типовые модели, прогноз масштабности оруденения // Геология рудных месторождений. – 2009. – № 1. – С. 3–19.

6. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России: в 2 кн. Кн. 1 / ред. А. И. Ханчук. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 572 с.

7. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Становая. Лист N-51-XVI (Тахтамыгда). Объяснительная записка / З. П. Козак, К. Д. Вахтомин, А. С. Давыдов, С. Н. Беликов, М. Н. Шилова. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004. – 196 с. + 3 вкл.

8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-51 – Сквородино (M-51). Объяснительная записка / Н. Н. Петрук, М. Н. Шилова, С. А. Козлов и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 448 с. + 4 вкл.

9. Знаменский С. Е., Знаменская Н. М. Рудовмещающие трансенсивные дуплексы золота-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых месторождений Южного Урала // Литосфера. – 2011. – № 1. – С. 94–105.

10. Кирмасов А. Б. Основы структурного анализа. – М.: Научный мир, 2011. – 368 с.

11. Кунаев М. С., Садыков Д. Ш. Анализ геофизических характеристик ряда МПИ Казахстана. – Алматы, 2007. – 384 с.

12. Лукьянов А. В. Пластические деформации и тектоническое течение в литосфере. – М.: Наука, 1991. – 144 с.

13. Митрохин А. Н., Уткин В. П., Неволин П. Л. Морфология, кинематика и динамика опережающих разрывов как поисково-разведочные критерии оценки жильных и штокверковых тел // Вестник ТГУ. – 2014. – № 83. – С. 221–226.

14. Мовчан И. Б., Яковлева А. А. Прогноз эндогенных оруденений по материалам поверхностных измерений // Наука и Современность. – 2010. – № 2–1. – С. 88–95.

15. Парфенов Л. М. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л. М. Парфенов, Н. А. Берзин, А. И. Ханчук, Г. Бадарч, В. Г. Беличенко, А. Н. Булгатов, С. И. Дриль, Г. Л. Кириллова, М. И. Кузьмин, У. Ноклеберг, А. В. Прокопьев, В. Ф. Тимофеев, О. Томуртоого, Х. Янь // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 7–41.

16. Питулько В. М., Мкртычян А. К., Юркевич Л. Г. Теория и практика интенсивной технологии геохимических работ при прогнозировании и поисках золоторудных месторождений. – СПб.: Нестор-История, 2014. – 424 с.

17. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига / С. И. Шерман, К. Ж. Семинский, С. А. Борняков и др. – Новосибирск: Наука (СО), 1991. – 262 с.

18. Соколов С. В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. – СПб.: Наука, 1998. – 154 с.

19. Сорокин А. А. Корреляция процессов рудообразования на золото-полиметаллическом месторождении Березитовое западной части Селенгино-Станового

супертеррейна и региональных тектономагматических событий / А. А. Сорокин, В. В. Пономарчук, А. В. Травин, Л. И. Рогулина, А. В. Пономарчук // Геология и геофизика. — 2014. — Т. 55, № 3. — С. 432–448.

20. Уткин В. П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. — М.: Наука, 1989. — 166 с.

21. Яковлев Ф. Л. Анализ деформированного состояния зон сдвига в связи с типами вторичных нарушений: постановка проблемы // Геодинамика и тектонофизика. — 2011. — № 2–1. — С. 68–82.

22. Hancock P. L. Brittle microtectonics: principles and practice // Journal of Structural Geology. — 1985. — Vol. 7, N 3–4. — P. 437–457.

1. Abisalov E. G. Interpretation and assessment of secondary lithochemical dispersion halos (structural-geometric approach). *Razvedka i okhrana nedr.* 2008. No 4–5, pp. 41–45. (In Russian).

2. Avchenko O. V., Vakh A. S., Sakhno V. G., Stepanov V. A., Nozdrachev E. A., Sharova O. I. Local metamorphism of ore-metasomatic formations of the Berezitovoye deposit. *Dokl. RAN.* 2010. Vol. 432. No 2, pp. 203–209. (In Russian).

3. Vakh A. S., Avchenko O. V., Sergeev S. A., Presnyakov S. L. The first U-Pb data (SHRIMP-II) on the age of zircons from granitoids and ore-bearing rocks of the Berezitovoye gold-polymetallic deposit. *Dokl. RAN.* 2011. Vol. 438. No 5, pp. 659–664. (In Russian).

4. Seminskiy K. Zh., Gladkov A. S., Lunina O. V., Tugarina M. A. Vnutrennyaya struktura kontinental'nykh razlomnykh zon. Prikladnoy aspekt [Internal structure of continental fault zones. Applied aspect]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo». 2005. 291 p.

5. Voroshilov V. G. Anomalous structures of geochemical fields of hydrothermal gold deposits: formation mechanisms, geometrization technique, standard models, forecast of the scale of mineralization. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy.* 2009. No 1, pp. 3–19. (In Russian).

6. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya vostoka Rossii: v 2 kn. Kn. 1 [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the east of Russia: in 2 vols. Book 1]. Ed. by A. I. Khanchuk. Vladivostok: Dal'nauka 2006. 572 p.

7. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izdanie vtoroje. Seriya Stanovaya. List N-51-XVI (Takhtamygda). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1:200,000. Second edition. Stanovaya series. Sheet N-51-XVI (Takhtamygda). Explanatory note]. Ed. by Z. P. Kozak, K. D. Vakhtomin, A. S. Davydov, S. N. Belikov, M. N. Shilova. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 2004. 196 p. + 3 vkl.

8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-51 – Skovorodino (M-51). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000 (third generation). Far East series. Sheet N-51 – Skovorodino (M-51). Explanatory note]. Ed. by

N. N. Petruk, M. N. Shilova, S. A. Kozlov i dr. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 2009. 448 p. + 4 vkl.

9. Znamenskiy S. E., Znamenskaya N. M. Ore-hosting transtensive duplexes of gold-quartz and gold-sulfide-quartz deposits of the Southern Urals. *Litosfera.* 2011. No 1, pp. 94–105. (In Russian).

10. Kirmasov A. B. Osnovy strukturnogo analiza [Fundamentals of structural analysis]. Moscow: Nauchnyy mir. 2011. 368 p.

11. Kunaev M. S., Sadykov D. Sh. Analiz geofizicheskikh kharakteristik ryada MPI Kazakhstana [Analysis of geophysical characteristics of a number of mineral resources in Kazakhstan]. Almaty. 2007. 384 p.

12. Luk'yanov A. V. Plasticheskie deformatsii i tektonicheskoe techenie v litosfere [Plastic deformations and tectonic flow in the lithosphere]. Moscow: Nauka. 1991. 144 p.

13. Mitrokhin A. N., Utkin V. P., Nevolin P. L. Morfologiya, kinematika i dinamika operayushchikh razryvov kak poiskovo-razvedochnye kriterii otsenki zhil'nykh i shtokverkovykh tel. *Vestnik TGU.* 2014. No 83, pp. 221–226. (In Russian).

14. Movchan I. B., Yakovleva A. A. Prognoz endogennykh orudneniy po materialam poverkhnostnykh izmereniy. *Nauka i Sovremennost'.* 2010. No 2–1, pp. 88–95. (In Russian).

15. Parfenov L. M., Berzin N. A., Khanchuk A. I., Bardach G., Belichenko V. G., Bulgatov A. N., Drii' S. I., Kirillova G. L., Kuz'min M. I., Nokleberg U., Prokop'ev A. V., Timofeev V. F., Tomurtogoo O., Yan Kh. Model of the formation of orogenic belts in Central and North-East Asia. *Tikhookenskaya geologiya.* 2003. Vol. 22. No 6, pp. 7–41. (In Russian).

16. Pitul'ko V. M., Mkrtych'yan A. K., Yurkevich L. G. Teoriya i praktika intensivnoy tekhnologii geokhimicheskikh rabot pri prognozirovanii i poiskakh zolotorudnykh mestorozhdeniy [Theory and practice of intensive technology of geochemical works in forecasting and prospecting for gold deposits]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya. 2014. 424 p.

17. Razlomoobrazovanie v litosfere. Zony sdviga [Fault formation in the lithosphere. Shear zones]. Ed. by: S. I. Sherman, K. Zh. Seminskiy, S. A. Borneyakov i dr. Novosibirsk: Nauka (SO). 1991. 262 p.

18. Sokolov S. V. Struktury anomal'nykh geokhimicheskikh poley i prognoz orudneniya [Structures of anomalous geochemical fields and forecast of mineralization]. St. Petersburg: Nauka. 1998. 154 p.

19. Sorokin A. A., Ponomarchuk V. V., Travin A. V., Rogulina L. I., Ponomarchuk A. V. Correlation of ore formation processes at the Berezitovoe gold-polymetallic deposit in the western part of the Selengino-Stanovoy superterrane and regional tectonomagmatic events. *Geologiya i geofizika.* 2014. Vol. 55. No 3, pp. 432–448. (In Russian).

20. Utkin V. P. Sdvigove dislokatsii, magmatizm i rudoobrazovanie [Shear dislocations, magmatism and ore formation]. Moscow: Nauka, 1989. 166 p.

21. Yakovlev F. L. Analysis of the deformed state of shear zones in connection with the types of secondary disturbances: problem statement. *Geodinamika i tektonofizika.* 2011. No 2–1, pp. 68–82. (In Russian).

22. Hancock, P. L. 1985: Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology.* 7. 3–4. 437–457.

Мизиряк Дмитрий Георгиевич — вед. геолог, ООО «Теллур Северо-Восток»¹. <miziryak@mail.ru>

Марченко Алексей Григорьевич — доктор геол.-минерал. наук, профессор, ген. директор, ООО «Теллур Северо-Восток»¹. <a-marchenko@yandex.ru>

Miziriak Dmitriy Georgievich — Leading Geologist, Tellur North-East LLC¹. <miziryak@mail.ru>

Marchenko Aleksey Grigor'evich — Doctor of Geological and Mineralogical Science, Professor, General Director, Tellur North-East LLC¹. <a-marchenko@yandex.ru>

¹ ООО «Теллур Северо-Восток». Ул. Союза Печатников, 8, офис 17, Санкт-Петербург, 190068, Россия.

Tellur North-East LLC. 8 Ul. Soyuza Pechatnikov, of. 17, St. Petersburg, 190068, Russia.