

УДК 553.078

РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ УЗЛОВ В ГНЕЙСОВЫХ И ГРАНИТОГНЕЙСОВЫХ КОМПЛЕКСАХ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Ж.В. Семинский¹, А.Т. Корольков², С.А. Бузов³

^{1,3}Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

²Иркутский государственный университет, 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1.

Рассмотрена модель структурных условий локализации золотого оруденения в купольных гнейсовых и гранитогнейсовых комплексах; показана унаследованность древних структур в процессе формирования рудовмещающих тектонических элементов. На основании структурного картирования с применением тектонофизических методов описываются системы разломов, определяющих рудолокализацию.

Библиогр. 7 назв. Ил. 5.

Ключевые слова: гнейсовые комплексы; системы разломов и трещин; рудовмещающие структуры; золоторудная минерализация.

ORE-CONTROLLING STRUCTURES OF GOLD ORE CLUSTERS IN GNEISSIC AND GRANITE GNEISS COMPLEXES (EASTERN SIBERIA)

Zh.V. Seminsky, A.T. Korolkov, S.A. Buzov

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Irkutsk State University, 1 Karl Marx St., Irkutsk, 664003, Russia.

The article deals with the model of structural localization conditions of gold mineralization in domi gneissic and granite-gneiss complexes. Ancient structures are shown to be inherited during ore-bearing tectonii elements formation. The fault systems that determine ore localization are described on the basis of structura mapping with the use of tectonophysical methods.

7 sources. 5 figures.

Key words: gneissic complexes; systems of faults and fractures; ore-bearing structures; gold mineralization

Исследование месторождений и проявлений любых полезных ископаемых связано с установлением структурных факторов рудоконтроля, морфологии рудных тел и этапности их формирования, так как изучение этих факторов влияет на прогноз оруденения. В условиях недостаточной степени изученности такой подход почти всегда сочетается с корреляций геологического строения объекта с обстановками

формирования хорошо изученных типоморфных месторождений-аналогов.

Золоторудные месторождения и рудопроявления локализованы часто в разломно-трещинных структурах горноскладчатых областей, и далеко не всегда имеется возможность провести детальное изучение этих объектов. Поэтому необходимо разработать структурно-геологические модели, основанные на сравнительной характеристике струк-

¹Семинский Жан Вячеславович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, руководитель НИЛ тектонофизики и геодинамики рудных систем, тел.: (3952) 405112, e-mail: seminsky@istu.edu

Seminskiy Zhan, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, professor, Head of NIL tectonophysics and geodynamics of ore sistems, tel.: (3952) 405112, e-mail: seminsky@istu.edu

²Корольков Алексей Тихонович, доктор геолого-минералогических наук, зав. кафедрой геологии и геофизики, тел.: 7983 2466970, e-mail: baley51@mail.ru

KorolkovAleksei, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Head of Geology and Geophysics, tel.: 7983 2466970, e-mail: baley51@mail.ru

³Бузов Сергей Анатольевич, ведущий инженер кафедры геологии и геохимии полезных ископаемых, тел.: 89027614125, e-mail: Buzov.Serg@gmail.com

Buzov Sergey, Leading Engineer of the Department of Geology and Geochemistry of mineral Deposits, tel.: 89027614125, e-mail: Buzov.Serg@gmail.com

турных обстановок рудолокализации.

С этих позиций авторами на основе многолетнего исследования (более 10 лет) структур золотоносных площадей Восточного Саяна, Южно-Муйского хребта и Станового нагорья рассмотрены рудоконтролирующие структуры двух узлов золоторудной минерализации, локализующихся в древних гнейсовых и гранитогнейсовых комплексах:

Улзытинского (Владимирского) в Окино-Китойском металлогеническом поясе и Еловинского в Северо-Становом металлогеническом поясе. Первый из узлов изучен нами более детально.

Улзытинская (Владимирская) площадь. Входит в состав Гарганского золоторудного района Окино-Китойского металлогенического пояса и находится в верховьях р. Китой вблизи известного Холбинского рудного узла с месторождениями золота Зун-Холба, Пионерское, Самарта и другими [4].

В связи с плохой обнаженностью площади работы были сосредоточены на нескольких локальных участках, на которых имеются естественные обнажения, пройдены горные выработки и увязочные маршруты.

На этих участках проведено структурное картирование с применением современных методов изучения разрывной тектоники – массовые замеры ориентировки трещин в разных частях площади, построение круговых диаграмм трещиноватости и разрывных нарушений с использованием специальных компьютерных программ для реконструкции полей напряжений.

Структурные наблюдения сопровождались определением направлений перемещений по разломам разного ранга – по бороздам на зеркалах скольжения и по анализу оперяющих разрывных структур.

Выявление главных факторов структурного контроля золотого оруденения сопровождалось составлением разрезов слоистых пород, визуальным и микроскопическим изучением их

состава и структуры, определением их фациальной принадлежности и роли в рудолокализации.

По результатам работ составлена геолого-структурная схема масштаба 1:10 000 (рис. 1), реконструированы поля напряжений и проведен анализ рудоконтролирующих структур.

Геологическое строение и состав пород. Улзытинская площадь сложена в основном породами гарганского метаморфического комплекса архейского возраста, который рассматривается как фундамент микроконтинета. Они занимают более 90 % площади рудного узла. Преобладают различные по составу ортогнейсы, субстратом которых считаются породы архейской полифациальной интрузии. Подчиненное значение имеют полосчатые парагнейсы, мигматиты, лейкократовые гнейсо-граниты. Простираение гнейсовидности меняется от широтного до юго-восточного, что отражает, очевидно, дорифейские процессы формирования структур толщи гнейсов.

Гарганский комплекс несогласно перекрыт терригенно-карбонатными отложениями иркутной свиты среднерифейского возраста. Они развиты на юге и юго-востоке площади на двух участках – Динамитном и Огонек, обнажаясь в виде сохранившейся от эрозии прерывистой полосы.

На рассматриваемой площади свита выражена четырьмя литоциклами, выделенными И.Н. Семейкиным. Каждый из них начинается гравелитами, песчаниками, которые сменяются темно-серыми алевролитом-сланцами и слюдистыми сланцами, затем карбонатными породами. Мощность иркутной свиты составляет 235-305 м.

Магматические образования площади представлены дайками основного состава барун-холбинского субвулканического комплекса ордовик-силурийского возраста и дайками гранитоидов холбинского комплекса раннего палеозоя.

Дайки барун-холбинского комплекса распространены по всей площади и представлены диабазовыми порфиритами и микрогаббро.

Дайки холбинского комплекса образуют дайковый пояс в юго-восточной части участка и представлены гранит-порфирами, лейкократовыми пегматоидными гранитами и диоритовыми порфиритами.

Иногда встречаются рассланцованные дайки кислого и основного составов. Ориентировка контактов даек, гнейсовидности и зон рассланцевания иногда совпадает, в этом случае дайки наиболее интенсивно рассланцованы и несут вкрапленное сульфидное оруденение. Но чаще всего дайки диабазов под острым углом пересекают

гнейсовидность. Вероятно, они образовались в трещинах отрыва при субмеридиональном сжатии, которое наиболее интенсивно проявилось в центральной части площади.

Тектонические особенности. По нашим данным, площадь представляет собой часть купольно-блоковой постройки длительного развития, формирование которой, очевидно, имело место в послерифейское время.

На контакте осадочных пород иркутской свиты с подстилающими гранито-гнейсами в ряде случаев наблюдаются зоны рассланцевания, иногда зоны окварцевания по разломам, что свидетельствует о тектонических подвижках при сводообразовании.

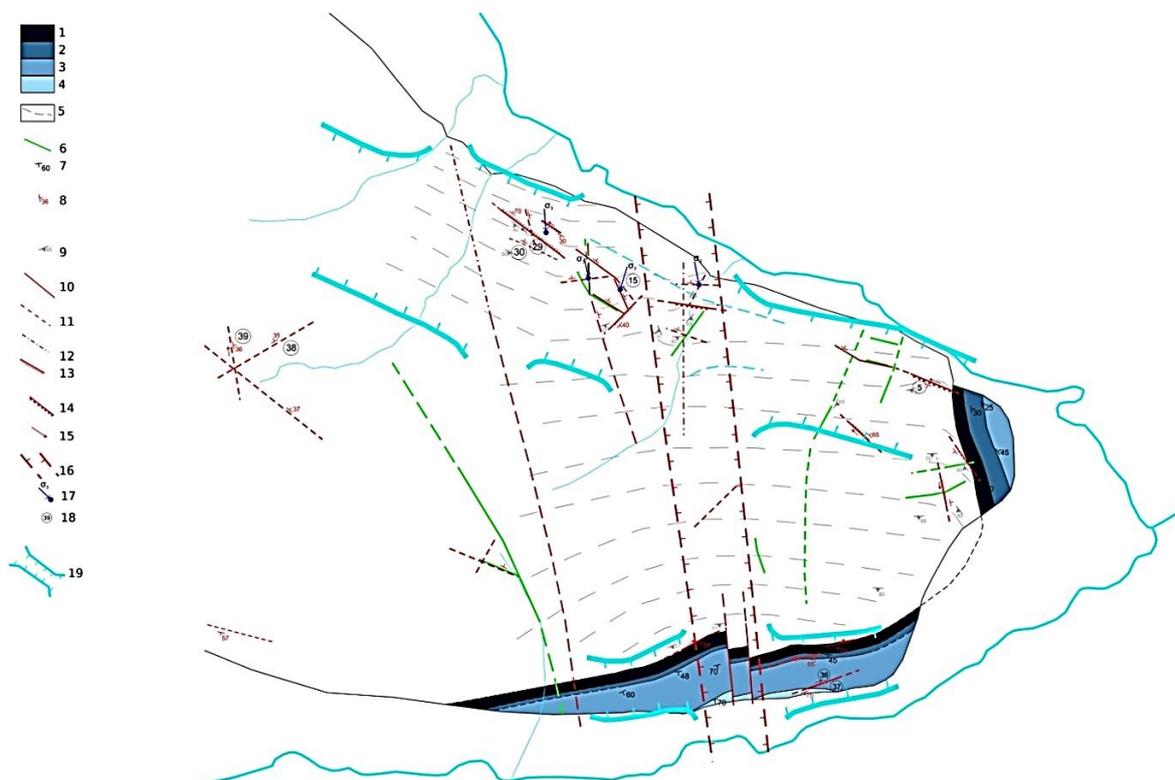


Рис. 1. Структурная схема Улзытинской (Владимирской) площади:

1–4 – иркутская свита (RF_2): 1 – первый литоцикл, 2 – второй литоцикл, 3 – третий литоцикл, 4 – четвертый литоцикл; 5 – гранито-гнейсы $AR-PR_1$ с элементами складчатого строения (изостраты); 6 – дайки диабазов и порфиритов; 7–9 – элементы залегания: 7 – слоистости пород, 8 – разломов, 9 – гнейсовидности; 10–18 – разрывные нарушения: 10 – установленные, 11 – выделенные по анализу трещинной тектоники и предполагаемые, 12 – выделенные по геофизическим данным, 13 – сбросы, 14 – взбросы, 15 – направление тектонических движений, 16 – зона регионального разлома, 17 – положение оси сжатия, 18 – расположение и номера диаграмм трещиноватости; 19 – границы зон распространения золотой минерализации

Купольная постройка гранито-гнейсов имеет вид антиклинальной запрокинутой складки и устанавливается по ориентировке гнейсовидности и при дешифрировании космоснимков. Постройка характеризуется относительно пологим залеганием гнейсовидности в ядерной части и в южном крыле.

Южная часть ее ограничена и срезана зоной разломов, проходящей по левому борту р. Хойто-Улзыта.

Северная окраина выражена двумя полукольцевыми структурными линиями, которые смещаются зоной субмеридионального разлома. Здесь в северном запрокинутом крыле купол осложнен сдвиго-надвигами, а в отдельных обнажениях удается различить мелкую принадлежностную складчатость высших порядков.

Западная граница прослеживается фрагментарно, на северо-западном окончании структуры также намечаются фрагменты полукольцевых разломов.

По-видимому, под складчато-купольной постройкой на глубине расположена кровля интрузивного тела гранитоидов, нескрытого эрозией. По геофизическим данным предполагалось существование здесь пологозалегающего тела, которое интерпретировалось как надвиг или покров. Наличие нескрытого массива гранитоидов косвенно подтверждается зонами метасоматической калишпатизации. Калишпатовые граниты в виде обломков часто фиксировались на различных участках площади; возможно, зоны калишпатизации совпадают по ориентировке с пологопадающим залеганием гнейсовидности в гребневой части купола.

В целом брахиформная блоково-складчатая структура подтверждается:

- залеганием терригенно-карбонатных пород на участке Динамитном в южном нормальном крыле древней складки,

- ориентировкой слоистости терригенно-карбонатных пород на участке

Огонек (периклинальное замыкание древней складки),

- залеганием терригенно-карбонатных пород на левом борту р. Хойто-Улзыта,

- многочисленными остроугольными обломками карбонатных пород в ядерной части древней складки (в центральной части постройки), которые находятся среди преобладающего поля обломков гранито-гнейсов,

- наличием сбросо-сдвиговых зон разломов в северной и южной частях по обрамлению складчато-купольной структуры.

Рассматриваемая складчато-купольная постройка – наиболее ранняя структурная рама, нарушенная в палеозое блоковыми подвижками и превращенная в блоково-купольную. По соотношению межпластового кливажа и слоистости терригенно-карбонатных пород в южной части древней складки на участке Динамитный фиксируются преимущественно правые сбросо-сдвиговые перемещения (в нормальном крыле).

В гранито-гнейсах северной части (по р. Хойто-Улзыта) по соотношению мелких складчатых структур, выявленных в отдельных обнажениях по замерам гнейсовидности, отмечаются преимущественно левые взбросо-сдвиговые перемещения (подобны «межпластовому кливажу», только в запрокинутом крыле).

Характеристика участков золоторудной минерализации. Породы с концентрацией золота более 1 г/т представлены кварцевыми и сульфидно-кварцевыми жилами, кварцевыми метасоматитами, березитами и хлоритовыми сланцами. Сульфидно-кварцевые жилы разделяются на полисульфидно-кварцевые, пирит-кварцевые, пирит-кварц-карбонатные. В кварцевых жилах с сульфидами максимальные содержания достигают 100 г/т. В пределах площади, согласно [6], выделяется пять типов проявлений золота:

- жилы в карбонатных породах;
- жилы, жильные и минерализованные зоны в дайках основного состава;
- жилы, жильные и минерализованные зоны в дайках кислого состава;
- жилы, жильные и минерализованные зоны в гнейсо-гранитах;
- кварцевые метасоматиты в зоне контакта известняков и гнейсо-гранитов.

Отдельные золоторудные зоны и кварцево-жильные тела распространены по всему узлу, однако максимальные концентрации зон наложенных гидротермально-метасоматических образований и гидротермальных кварцеворудных тел наблюдаются на двух участках: в пределах Динамитного и Хойто-Улзытинского месторождений.

Участок Динамитный находится в южной части площади, Месторождение Динамитное относится к первому типу золотопроявлений – жилы в карбонатных породах. Жила Динамитная и сопровождающие ее жилы сформировались в субмеридиональных трещинах. Это малосульфидные (менее 5%), полисульфидно-кварцевые и карбонатно-кварцевые рудные тела. В некоторых гнездах содержание сульфидов достигает 100 %, (преимущественно блеклые руды). Эти рудные тела залегают среди известняков, содержащих кварцевые жилы без сульфидов или с убогой вкрапленностью пирита и галенита. За исключением жилы Динамитной (отработана), субмеридиональные жилы имеют малую мощность и протяженность, небольшие средние содержания золота. Рудные тела выполнены кварцем двух генераций: дорудной (I) и рудной (II).

Первая генерация представлена кварцем жил выполнения, а вторая – кварцем, образованным в трещинах и зонах катаклаза по кварцу I генерации и ассоциирующим с полисульфидами и золотом. Перспективы этого типа рудных жил невысокие. Однако, не исключено обнаружение жил, подобных Динамитной, с высоким средним содержанием золота.

Участок Хойто-Улзытинский находится в северной части площади. Здесь одноименное месторождение представлено зоной золоторудной минерализации, которая прослеживается в северо-западном направлении среди пород гнейсового комплекса Рудные тела – сравнительно короткие кварц-сульфидные жилы и прожилково-вкрапленная минерализация. На разных участках Улзытинской площади в дайках установлены жилы и минерализованные зоны. В двух субмеридиональных дайках основного состава протяженностью более 1 и 0,5 км соответственно выявлены содержания золота до 10 г/т. Жилы, жильные и минерализованные зоны в дайках кислого состава содержат (по штуфам) до 40 г/т. Зоны кварцевых метасоматитов с содержанием золота до 40 г/т трассируются вдоль контакта известняков и гнейсо-гранитов на левобережье р. Урда-Улзыты. Жилы, жильные и минерализованные зоны встречаются в гнейсо-гранитах на других участках площади.

Разрывные нарушения Улзытинской площади образуют несколько систем (рис. 2). Система первого



Рис. 2. Сводные сферограммы трещиноватости исследуемых площадей:
 1 – Улзытинская (Владимирская) площадь; 2 – участок Магистральный; 3 – участок Еловинский-1

порядка представлена нарушениями субмеридионального простирания с падением по аз. 50° - 90° \perp 30° - 60° . По характеру смещения это правые сдвигосбросы. На площади выделена субмеридиональная зона, относящаяся к крупному разлому, известному в этой части Восточного Саяна, для которой характерна повышенная плотность трещин, сопровождающихся кварцевыми жилами и дайками диабазов и порфириров. Также отмечено еще несколько субмеридиональных нарушений, расположенных параллельно главной зоне. Нарушения этой системы выделяются также по геофизическим данным. К этой системе приурочены наиболее мощные дайки.

Системы разломов второго порядка на площади тесно связаны с основной субмеридиональной зоной. Среди них наиболее проявлена система северо-западного простирания с падением по аз. 45° - 70° \perp 30° - 80° . По характеру движений в большинстве случаев это левые сбросо-сдвиги. Эта система распространена по всей площади, но особенно хорошо проявлена в гнейсо-гранитах на севере. Протяженность этих разломов не более нескольких сотен метров. Они трудно прослеживаются в рельефе из-за плохой обнаженности. Северо-западные разломы создают кулисообразную сеть, протягивающуюся вдоль бортов главного хребта участка. Эта система часто сопровождается маломощными кварцевыми жилами, в некоторых случаях с сульфидами. Иногда по этой системе развивались дайки диабазов.

Другая система разломов второго порядка имеет северо-восточное простирание с падением по аз. 120° - 160° \perp 45° - 80° . По характеру движения это в основном правые сдвигосбросы. Система хорошо проявлена на участке Динамитном и слабо выражена на севере площади. На участке Динамитном она расположена в осадочных толщах и контролирует кварцевые жилы. К ней приурочено

главное рудное тело месторождения Динамитного. Обе системы второго порядка, описанные выше, сопровождаются кварцевыми и сульфидно-кварцевыми жилами, образованными как по трещинам скола (самой системы и оперяющих разломов), так и по трещинам отрыва (образовавшихся при сдвиговом движении по разломам этих систем).

Кроме того, на площади изредка отмечаются также субширотные разломы с падением по аз. 200° - 160° и 350° - 30° \perp 20° - 50° .

При рассмотрении взаимодействия этих систем было реконструировано поле напряжения, соответствующее этапу образования разрывных нарушений и рудообразования. Ось сжатия имеет азимут простирания в пределах 350° - 30° . Такая обстановка субмеридионального сжатия имеет важное значение для понимания локализации оруденения.

Закономерности размещения золоторудной минерализации на Улзытинской площади определяются следующими факторами.

1. Наиболее значимые проявления золота тяготеют к тектонически ослабленным зонам, ограничивающим блоково-купольную постройку участка с севера и юга. Эти нарушения относятся к взбросам или взбросо-сдвигам.

2. Учитывая полученные материалы по рассматриваемой площади и изученные ранее авторами условия локализации золотого оруденения Гарганского рудного района [1,4], к рудоконтролирующим разломам *первого порядка* мы относим зоны разрывных нарушений двух направлений: 1) близмеридиональные, 2) северо-западные до близширотных. Первые из них представлены двумя зонами, пересекающими блоково-купольную постройку в центральной части. Зона Центральная прослеживается на север за пределы площади на территорию левого борта р. Улзыта, где она также контролирует золото-серебряное оруденение. Две

зоны разрывных нарушений второй системы – Хойтоулзытинская (Северная) и Урдоулзытинская (Южная) – вмещают большинство известных золотопроявлений, в том числе месторождения Хойтоулзытинское и Динамитное.

3. Рудоконтролирующими структурами *второго порядка* являются разрывы в узлах пересечения двух систем разломов, указанных выше. В пределах этих узлов находятся месторождения Динамитное и Хойтоулзытинское. Кроме того, к ним тяготеют более мелкие проявления золоторудной минерализации.

4. К рудоконтролирующим структурам *третьего порядка* относятся более мелкие разрывные нарушения, составляющие зоны разломов двух указанных выше систем. Они представлены расланцеванием, дроблением, березитизацией пород, кварцевыми жилами, имеют различную ориентировку с преобладанием нарушений северо-западного и близширотного простирания. Среди них установлены трещины отрыва в дуплексных структурах, кулисообразно расположенные нарушения, трещины оперения более крупных нарушений и другие разломы.

5. В случае локализации оруденения в породах иркутской свиты наблюдается приуроченность его к границам терригенных и карбонатных горизонтов, где происходили межпластовые подвижки и существовала гетерогенная по составу и свойствам геологическая среда, то есть межпластовый кливаж имеет рудолокализирующее значение. Отдельные кварц-карбонатные межпластовые жилы приурочены к межпластовому кливажу. В то же время на участке Динамитном по нему развиваются зоны расланцевания (правые сбросо-сдвиги), которые смещают рудные жилы.

6. В гранито-гнейсах в зоне Северной рудолокализирующее значение имеют зоны расланцевания сбросо-

сдвигового типа (предположительно левого направления перемещения, которое определяется по бороздам скольжения). Центральные наиболее деформированные части таких зон расланцевания интенсивно березитизированы, вмещают короткие «лестничные» рудные жилы в трещинах отрыва, наряду с жилами, ориентированными согласно с самими зонами расланцевания.

Еловинская площадь. Согласно представлениям Л.В. Эйриша [7] входит в состав Становой золотоносной провинции, а в ее пределах – в Чильчинский золоторудный район Северо-Станового металлогенического пояса.

Исследования авторов проводились по методике, рассмотренной выше, и включали: установление главных рудовмещающих и рудоконтролирующих структур на основании полевого изучения с применением тектонофизических методов (проведено изучение трещиноватости, построено и проанализировано 53 структурных диаграммы, проведено определение направлений перемещений по разломам разного ранга по бороздам и зеркалам скольжения и по анализу оперяющих разрывных структур) и с использованием фондовых материалов. Для выявления структурных парагенезисов применялись известные методики [3, 5]. Составлены геолого-структурные карты отдельных участков Еловинской площади, выборочно проведен отбор бороздовых и литохимических проб, установлены закономерности локализации оруденения с использованием данных геофизических и геохимических съемок, разработаны рекомендации по поисково-оценочным работам. Результаты этих исследований частично опубликованы ранее [2].

Геологическое строение и состав пород. Площадь исследований расположена в поле развития кристаллических пород архея повышенной и нормальной основности (рис. 3). Присутствуют массивы и дайки много-

численных интрузий мезозойских гранитоидов.

Породы позднеархейского субстрата включают “троговой комплекс” (тарынурыхская свита), который представлен в центральной части участка меланократовыми биотитовыми мелкокристаллическими гнейсами до микрогнейсов, а в северной части – мигматитами и мигматизированными лейкократовыми биотитовыми мелкокристаллическими гнейсами. Граниты биотитовые гнейсовидные светлые красновато-серые мелкокристаллические (куандинский комплекс) могут рассматриваться как наиболее гранитизированная часть гнейсов и микрогнейсов тарынурыхской свиты.

Мезозойские (раннемеловые) дайковые породы, очень широко распространенные на площади, относятся к нескольким комплексам. Сэгангринский комплекс включает андезиты мелкокристаллические темно-серого и зеленовато-темно-серого цвета первой фазы. Они залегают преимущественно субсогласно с преобладающим субширотным и северо-западным простиранием гнейсовидности и полосчатости гнейсов и мигматитов. К этой же фазе относятся диоритовые порфиры мелкокристаллические зеленовато-темно-серого цвета, диориты и микродиориты, залегающие субсогласно с гнейсовидностью и полосчатостью гнейсов. Джелиндаканский комплекс (третья фаза) включает гранодиорит-порфиры, сиениты и кварцевые гранит-порфиры. Часто дайки этого комплекса залегают также субсогласно с простиранием полосчатости и гнейсовидности древних пород субстрата.

Дайки андезитов и диоритовых порфиритов несут наложенную гидротермально-метасоматическую минерализацию преимущественно в виде вкрапленности пирита.

На площади развиты контрастные гравитационные отрицательные аномалии и телескопированные геохими-

ческие аномалии вторичных ореолов рассеяния золота, серебра, свинца, цинка, меди, висмута. В районе известно несколько проявлений предположительно близповерхностного золото-серебряного оруденения.

Тектонические особенности. По данным Н.Е. Савва (2008) и нашим представлениям [2] площадь занимает часть кольцевой постройки, в южной части которой находится массив мезозойских гранитоидов. Для южной части Алданского щита весьма характерно формирование структур центрального типа, которые локализованы на пересечении разломов различной ориентировки. Особенностью внутреннего строения таких структур является наличие разломов концентрического и радиального типа.

Геолого-структурными методами нами изучено несколько участков, два из которых наиболее характерны для площади по своим тектоническим особенностям – Магистральный и Еловинский-1 (см. рис. 3).

Характеристика участков золоторудной минерализации. В пределах площади проявлены многочисленные точки минерализации золота, серебра, меди и других металлов. Канавами и траншеями вскрыты зоны брекчирования, катаклаза и графит-кварцево-слюдистых, лимонитизированных, аргиллизированных, окварцованных, пиритизированных метасоматических изменений. Опробование показывало достаточно высокие содержания золота.

Магистральный участок расположен в западной части Еловинской площади (рис. 4). Породы участка представлены мигматизированными кристаллосланцами и гнейсами тарынурыхской свиты позднего архея, гнейсогранитами куандинского комплекса позднего архея, дайковыми телами гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров, андезитов и трахиандезитов раннемелового возраста.

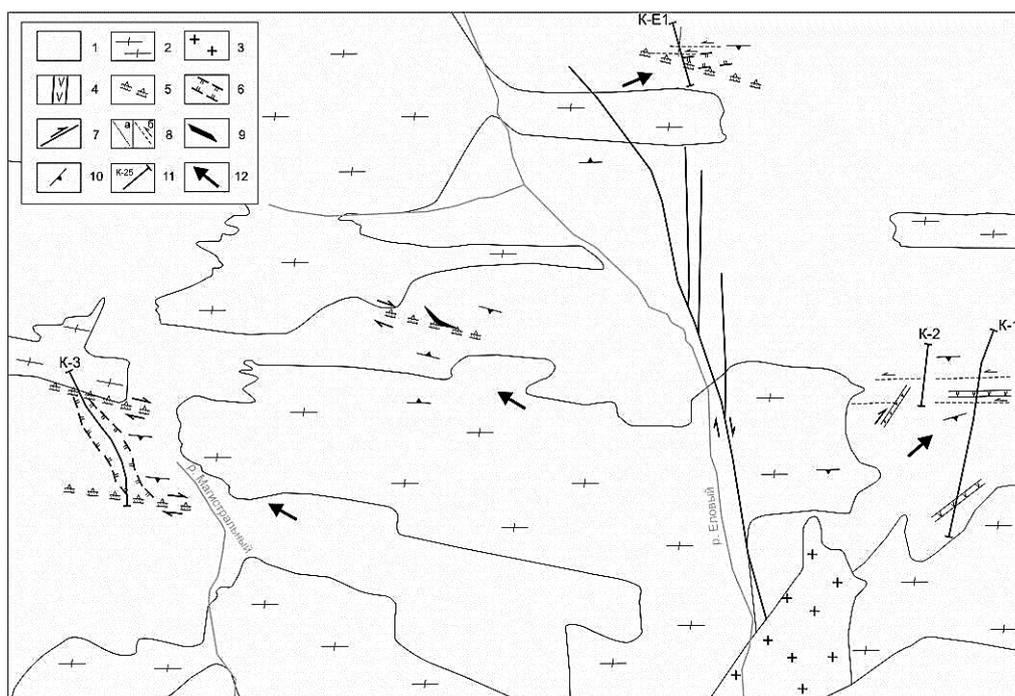


Рис. 3. Схема рудоконтролирующих и рудовмещающих структур Еловинской площади:

1 – кристаллические сланцы, гнейсы и мигматизированные гнейсы тарынурахской свиты позднего архея (“троговой комплекс”); 2 – гранитогнейсы куандинского комплекса позднего архея; 3 – кварцевые диориты, гранодиориты тындинско-бараканского комплекса средней-поздней юры; 4 – графит-кварцево-слюдистые метасоматиты, приуроченные к сдвиго-взбросовым разломам сколового типа; 5 – правые сбросо-сдвиги; 6 – зоны разломов отрывного типа с дайковыми телами гранит-порфиров, брекчированными, раздробленными, лимонитизированными, аргиллизированными, сульфидизированными породами преимущественно мигматизированных гнейсов; 7 – рудоконтролирующие разломы сколового типа (правые сдвиги); 8 – локальные рудовмещающие структуры сколового типа: а – субмеридионального простирания, б – субширотного простирания, согласные с преобладающей ориентировкой гнейсовидности; 9 – рудовмещающие структуры отрывного типа, представленные кварцевыми прожилково-жильными телами с друзовыми пустотами; 10 – элементы залегания гнейсовидности и полосчатости; 11 – каналы; 12 – направления тектонических движений

В процессе составления структурной схемы в масштабе 1: 5000 нами выделено два крупных разлома запад-северо-западного и северо-западного простирания, по кинематике перемещения соответствующих правым взбросо-сдвигам, а также несколько систем более мелких разрывных нарушений (см. рис. 2). Они выполнены серицит-гидрослюдисто-кварцевыми и серицит-кварцевыми метасоматитами по милонитам. Надежно направление движения определено по главному северному разлому на основе ориентировки оперяющих трещин по методикам [3, 5].

Между двумя разрывными структурами сколового типа расположена выделяемая нами рудоносная зона,

которая насыщена раннемеловыми дайками гранит-порфиров, трахиандезитов и мелкими зонками каолинизации, лимонитизации, окварцевания с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией (пирит, халькопирит, борнит и др.). В целом эта высокопроницаемая зона отрывного характера совпадает по северо-западной ориентировке с простиранием участка высокоградиентного магнитного поля. Вблизи контактов даек трахиандезитов развиты многочисленные ксенолиты вмещающих мигматизированных гнейсов. Такая насыщенность ксенолитами, вероятно, свидетельствует о внедрении магмы трахиандезитов в область тектонической раздробленности с

трещинами отрыва. В пределах описываемой зоны высокой проницаемости локализуются проявления гидротермальных процессов с прожилкововкрапленной кварц-сульфидной минерализацией. Следует подчеркнуть, что дайки гранит-порфиров, трахиандезитов и зоны гидротермалитов сформировались в более раннем «структурном каркасе», то есть использовали при своем заложении пространственную ориентировку полосчатости гнейсов, широко развитых в центральной части рудопроявления: аз.пад. $190-200^\circ \angle 75-60^\circ$. В целом, на участке сформировалась дуплексная рудоносная структура с транстензией (растяжением), обусловленная сдвиговыми деформациями.

Широко проявленная гидротермальная деятельность выражена рядом процессов.

Предрудное окварцевание развивается по массе в гнейсах, мигматизированных гнейсах и мигматитах. Такие процессы установлены в северо-западной, центральной и юго-восточной частях участка. Выделяются ареалы прожилкового окварцевания (юго-восточная и восточная части площади). Совместные зоны окварцевания и пиритизации ориентированы преимущественно субсогласно с полосчатостью и гнейсовидностью, реже имеют северо-восточное простирание и развиты в центральной и в северо-западной частях площади. Сульфидизация широко проявлена на всем участке. Преобладает вкрапленная, реже прожилковая пиритизация (на северо-западном фланге площади вблизи главного разлома, в меньшей степени – в центральной части). Мощность зон пиритизации от 2 до 20 м. Совместно с пиритом отмечались выделения галенита, сфалерита, халькопирита, борнита, блеклой руды, пирротина, молибденита, магнетита, самородного золота. Гематитизация развита в виде

вкрапленности и прожилков в северо-западной и центральной частях площади совместно с прожилковой пиритизацией. Каолинизация (аргиллизация) совместно с пиритизацией и лимонитизацией в виде зон мощностью 2-6 м локализована в центральной части площади.

В пределах участка отмечается высокая степень золотоносности (от 1 до 126 г/т). По данным опробования траншей выделяются участки с содержанием золота 0,01–1,0 г/т (вблизи северной зоны главного разлома, в центральной и юго-восточной частях участка). В скважинах, пробуренных до глубины более 200 м, обнаружены также повышенные содержания золота и серебра.

В скважине, пройденной вблизи узла пересечения северного сдвиго-взброса и зоны отрывных трещинных структур, на интервале 22-23 м содержания золота составляют до 10,8 г/т и серебра до 25 г/т. Вероятно, такие участки являются наиболее проницаемыми для рудоносных гидротермальных растворов.

Участок Еловинский-1 находится в северной части Еловинской площади. В пределах участка зоны гидротермальных изменений ассоциируют с дайками кварцевых сиенит-порфиров и андезитов раннего мела. Зоны имеют субширотное северо-западное и субмеридиональное простирание. Формирование зон разрывных нарушений обусловлено трещинами сколового и отрывного типа.

Результаты проведенных нами работ по геолого-структурной документации, детальному изучению малых структурных форм, массовым замерам трещин и анализу составленных по ним структурных диаграмм показали, что главной разрывной структурой на участке является сдвиго-взбросовый разлом северо-западного простирания. Он имеет крутое падение к северо-

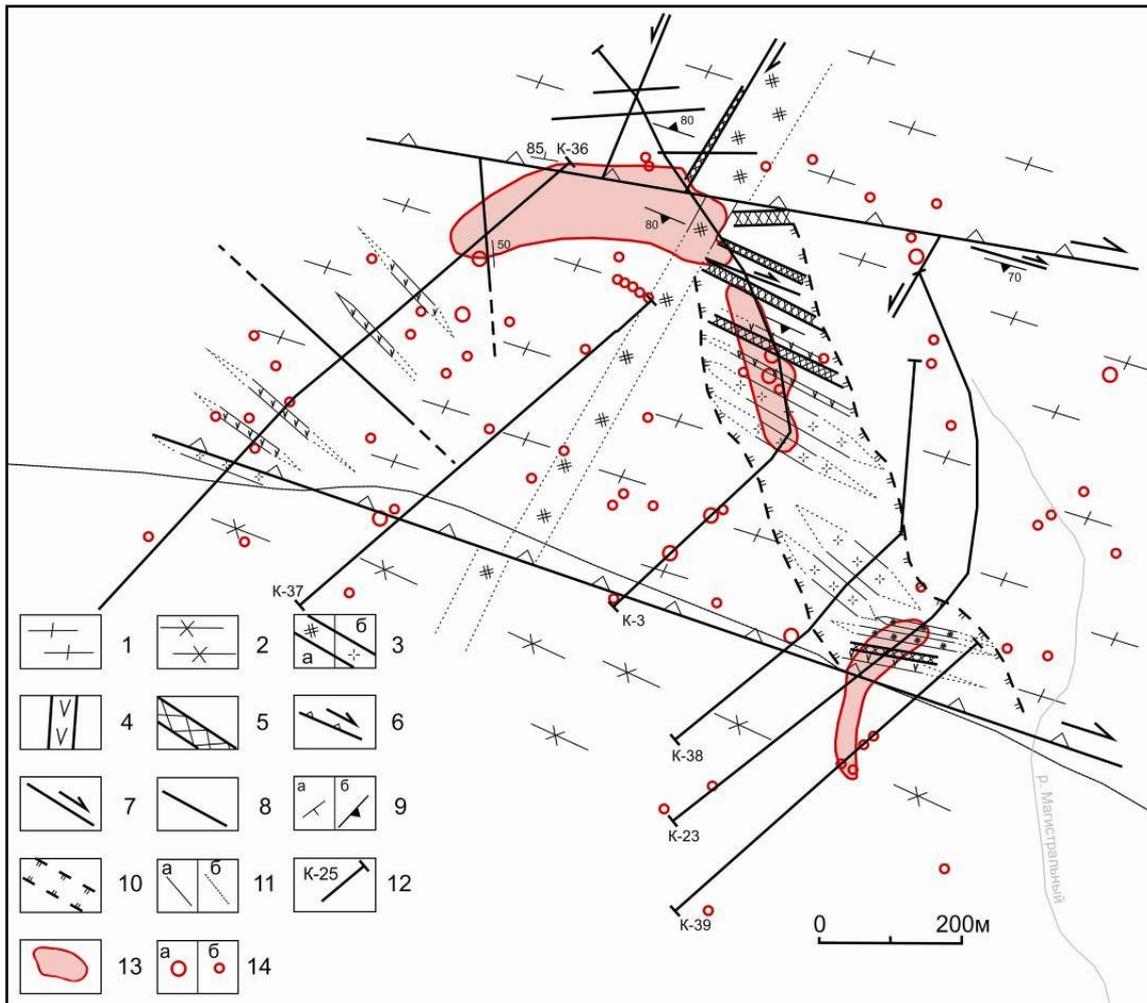


Рис. 4. Схема главных структурных элементов участка Магистральный:

1 – мигматизированные кристаллосланцы, гнейсы тарынурыхской свиты позднего архея; 2 – гнейсо-граниты куандинского комплекса позднего архея; 3 – дайковые тела раннемелового возраста: а – гранодиорит-порфиров, б – гранит-порфиров; 4 – раннемеловые дайки андезитов, трахиандезитов; 5 – зоны каолинизации, лимонитизации, окварцевания с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией (пирит, халькопирит и др.); 6 – предполагаемые зоны правых сдвига-взбросов с серицит-гидрослюда-кварцевыми и серицит-кварцевыми метасоматитами; 7 – сдвиги и взбросо-сдвиги, установленные по бороздам скольжения и оперяющим трещинам отрыва; 8 – разломы неустановленного кинематического типа; 9 – элементы залегания: а – контактов пород и разломов, б – гнейсовидности и полосчатости гнейсов; 10 – предполагаемая высокопроницаемая зона отрывного характера, насыщенная дайками гранит-порфиров, трахиандезитов и зонами каолинизации, лимонитизации, окварцевания с прожилково-вкрапленной сульфидизацией; 11 – контакты пород: а – установленные, б – предполагаемые; 12 – каналы и их номера; 13 – отрезки зон с содержанием золота 0,01–1,0 г/т по первичным геохимическим ореолам; 14 – содержание золота в штучных и сколковых пробах (г/т): а – от 1,0 и более, б – от 0,1 до 1,0

востоку, выполнен серицит-кварцевыми метасоматитами с проявлениями лимонитизации и графитизации. Установлено, что по этому разлому происходили правосдвиговые и левосдвиговые

перемещения. Нами была детально изучена и опробована зона динамического влияния главного рудоконтролирующего разлома северо-западного простирания (рис. 5).

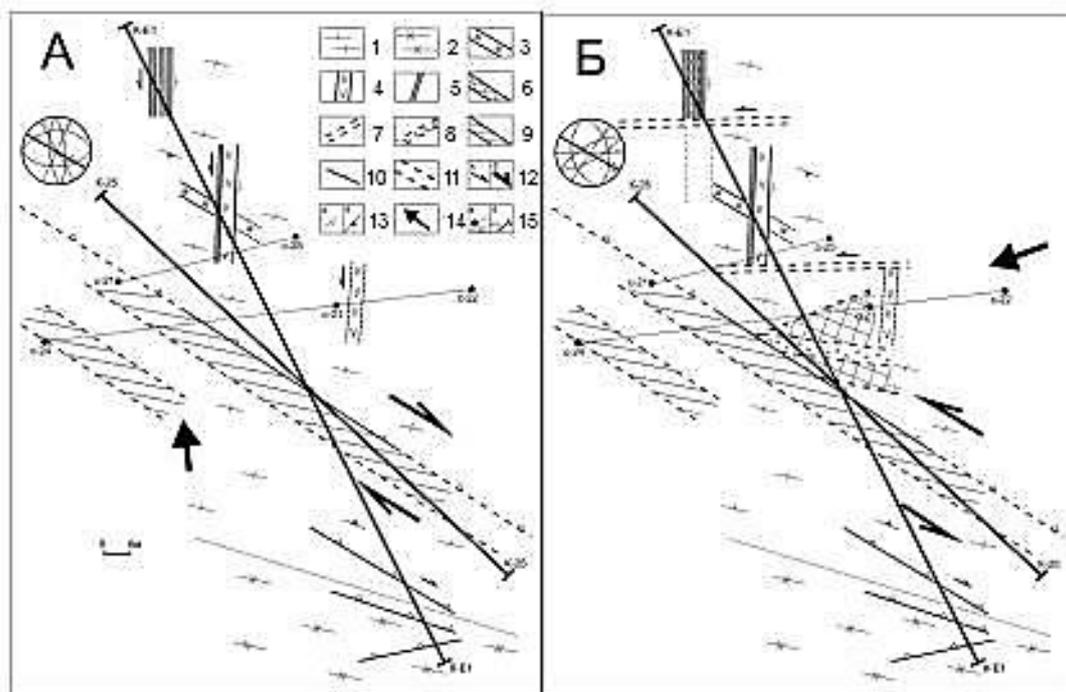


Рис. 5. Схема формирования оперяющих структур при левосдвиговых и правосдвиговых движениях по главной сдвиго-взбросовой зоне на участке Еловинский-1:

1–2 – позднеархейские породы: 1 – гнейсы биотитовые, мигматизированные биотитовые гнейсы тарынурыхской свиты, 2 – биотитовые гнейсовидные граниты куандинского комплекса; 3–4 – раннемеловые породы: 3 – дайки кварцевых сиенит-порфиров джелиндаканского комплекса, 4 – дайки андезитов сэгангринского комплекса; 5 – зоны интенсивного окварцевания и тонкой вкрапленной сульфидизации с повышенными содержаниями золота и серебра (потенциально рудные зоны); 6–9 – метасоматически измененные динамометаморфические породы: 6 – зоны интенсивного дробления, лимонитизации, аргиллизации, гематитизации, 7 – зоны интенсивного рассланцевания, лимонитизации, аргиллизации, прожилкового окварцевания, 8 – зоны брекчирования и лимонитизации, 9 – зоны кварц-мусковитовых метасоматитов с приконтактной графитизацией; 10 – взбросы; 11 – сбросы; 12 – направления предполагаемых движений по оперяющим трещинам (а) и главному сдвиго-взбросу (б); 13 – элементы залегания контактов (а), гнейсовидности и полосчатости (б); 14 – направление главного сжатия; 15 – горные выработки: а – скважины, б – каналы.

На диаграмме – схема структурных парагенезисов [2,3]

Наиболее высокие содержания Au (от 0,49 до 20 г/т) характерны для окварцованных мигматизированных гнейсов, содержащих тонкую вкрапленность сульфидов (северная часть на рис. 4). Эти участки расположены вблизи субмеридиональных зон с крутым погружением к юго-востоку, которые содержат интенсивно раздробленные, лимонитизированные, гематитизированные, аргиллизированные породы тех же гнейсов. Самые высокие содержания Ag (до 2,54 до 68,51 г/т) характерны для пород этих же зон.

Субширотные с южным падением зоны интенсивного рассланцевания, лимонитизации, аргиллизации и прожилкового окварцевания практически незолотоносны.

Повышенные содержания Ag (от 0,40 до 6,60 г/т) характерны для узла пересечения дайки кварцевых сиенит-порфиров с дайкой андезитов и для зон дробления и лимонитизации, развитых вблизи этих тел. Это говорит о более позднем, чем дайки, формировании рудной минерализации. Значимые содержания Ag (от 0,2 до 3,10 г/т)

характерны также для субширотной зоны интенсивного дробления и брекчирования лейкократовых мигматизированных гнейсов, которая ограничена сбросами и локализована висячем боку сдвига-взброса, выполненного графит-серицит-кварцевыми метасоматитами (диафторитами).

Вмещающие породы вблизи субмеридиональных зон окварцованы аргиллизированы, серицитизированы, гематитизированы, пиритизированы. Окварцевание сопровождается баритом, флюоритом, гематитом и сульфидами. На участке установлены [7] геохимические аномалии золота, серебра, свинца, цинка, иттрия, ниобия, циркония. Рудные минералы образуют вкрапленность, пятнистые и прожилково-вкрапленные выделения. Характерны оруденелые брекчии. Текстура оруденелых пород сетчато-прожилковая, псевдофлюидальная. Выделены парагенетические ассоциации: гематит-кварцевая, магнетит-пирит-кварцевая, золото-полисульфидно-кварцевая, золото-полисульфидная.

Анализ разрывной тектоники позволил установить характер полей напряжения и направления движений.

Правосдвиговые движения, обусловленные общим сжатием субмеридионального направления, более ранние. Они привели к заложению сколовых левосдвиговых трещин север-северо-восточного простирания (субмеридиональных), которые приоткрывались на локальных участках и заполнялись магмой андезитового состава. Позже по таким же трещинам циркулировали гидротермальные растворы, при остывании которых сформировались субмеридиональные зоны окварцевания с сульфидами (рис. 5, А).

Левосдвиговые перемещения, происходившие при общем сжатии с северо-востока, можно выделить более надежно по ориентировке оперяющих субширотных структур, которые представлены зонами интенсивного рассланцевания, лимонитизации и аргилли-

зации гнейсов. Они близки к пространственному залеганию преобладающей полосчатости гнейсов и характеризуются сколовым характером левосдвиговых смещений, что подтверждается левосторонним смещением дайки андезитов по одной из субширотных зон рассланцевания. Вблизи контакта с главной сдвига-взбросовой зоной северо-западного простирания в ее висячем крыле наблюдается участок интенсивного дробления и брекчирования мигматизированных гнейсов. Предполагается, что левосдвиговые движения по главному разлому носили пострудный характер (см. рис. 5).

Перспективы участка следует связывать с кварц-сульфидной минерализацией субмеридиональных оперяющих трещин первого правосдвигового этапа движений по северо-западной сдвига-взбросовой зоне, которые заложились при общем субмеридиональном сжатии. Ранее выделявшиеся на участке «эксплозивные брекчии» [7], вероятно, имеют пострудный тектонический характер.

Закономерности размещения золоторудной минерализации. Региональной рудоконцентрирующей структурой Чильчинского потенциально рудного района, вслед за Н.Е. Саввой (2008), мы считаем упомянутую выше кольцевую структуру, в южной части которой располагается массив верхнеюрских гранитоидов.

Наши работы были проведены на северной периферии кольцевой структуры только на тех участках, где обнаружено Au-Ag оруденение.

Внутри кольцевой структуры наиболее четко проявлены разломы двух главных направлений.

1. Северо-западные и субширотные, имеющие крутое погружение (70-80°) к югу или к северу. Разломы с южным падением субсогласны с преобладающей ориентировкой гнейсовидности позднеархейских толщ. Разломы с северным падением выпол-

нены серицит-кварцевыми метасоматитами, содержащими графит. Они картируются как взбросо-сдвиги с изменяющимися перемещениями крыльев. Вероятно, такие разломы в целом имеют региональное значение, простираясь за рамки кольцевой структуры, которая и локализована на пересечении региональных разломов.

2. Субмеридиональные (север-северо-западные) разломы можно охарактеризовать как разломы радиального типа. Наиболее важный из них проходит по долине руч. Еловый.

Геолого-структурные работы позволили определить главные направления сжатия на изученных участках.

Рудораспределяющими структурами являлись северо-западные, субширотные и субмеридиональные разломы, движения по которым осуществлялись при общем давлении с юга, от массива позднеюрских гранитоидов. При этом для участка Еловинский-1 рудораспределяющей структурой оказался субмеридиональный разлом радиального типа, для Магистрального – северо-западные разломы, для других участков – более мелкие трещинные зоны субширотного простирания. На Магистральном участке сформировался северо-западный правосдвиговый дуплекс с трансензией (растяжением).

Рудолокализирующие структуры выражены оперяющими трещинами, которые формировались в едином структурном парагенезисе с движениями блоков по рудораспределяющим разломам.

3. Рудолокализирующие структуры сколового типа характерны для рудораспределяющих субмеридиональных структур. На участке Еловинский-1 представлены зоной интенсивного расланцевания и сульфидизации с повышенным содержанием Au и Ag. Заложение таких зон происходило при субмеридионально ориентированном давлении с юга. При этом осуществлялись правосдвиговые перемещения по характерному для участка северо-

западному взбросо-сдвигу, имеющему крутое падение на северо-восток, который представлен серицит-кварцевыми метасоматитами с графитом (диафторитами?) и, очевидно, имеет древнее заложение. То есть рудолокализирующие субмеридиональные структуры этого участка заложены как оперяющие сколовые трещины при правосдвиговых перемещениях по взбросо-сдвигу северо-западной ориентировки.

4. Рудолокализирующие структуры отрывного типа предполагаются между правосдвиговыми северо-западными разломами на Магистральном участке, где развит дуплекс с трансензией и рудные тела представлены, вероятно, штокверком с прожилково-вкрапленным оруденением.

Выводы. Сравнительный анализ рассмотренных золотоносных площадей, локализованных в древних гнейсовых комплексах, позволяет наметить ряд общих закономерностей их строения и условий образования.

1. Улзытинская и Еловинская площади, в соответствии с существующим таксономическим рядом металлогенических подразделений, могут рассматриваться как рудные узлы, перспективы которых далеко еще не исчерпаны. Главной закономерностью локализации этих узлов является их приуроченность к кольцевым или эллипсоидным гнейсово-купольным постройкам, в пределах которых имеются штокообразные тела гранитов. Структуры центрального типа выражены по-разному: в отличие от более молодой кольцевой вулканоплутонической Еловинской, более древняя Улзытинская является блоково-купольной.

2. Месторождения и рудопроявления золота в этих постройках контролируются разломными зонами, которые находятся большей частью по периферии гнейсово-купольных построек. Они образуют рудоносные зоны, включающие несколько швов, часто

имеют вид дуплексных структур. Кроме того, рудоконтролирующую роль играют секущие протяженные разломы близмеридионального простирания.

3. Элементы древней структуры оказали существенное влияние на характер проявления трещинной тектоники. На всех участках возникла закономерная унаследованная локализация разломно-трещинных структур, включающих потенциально рудные зоны. Трещинные структуры выражают суммарное влияние древней и молодой тектоники.

4. Несмотря на удаленность рудных узлов друг от друга, наблюдается приуроченность зон оруденения к складчатому северо-западным и субширотным направлениям (преимущественно) и к поперечным к ним более поздним субмеридиональным направлениям, что каким-то образом можно связать с региональным тектоническим планом складчатых областей Восточной Сибири. Для формирования и локализации оруденения большое значение имеет проявление более поздних структур латерального выжимания (дуплексных зон разломов, геодинамических убежищ). Наиболее характерно это для Гарганского золоторудного района, где находится Улзытинский (Владимирский) рудный узел [1] и возникла закономерная унаследованная локализация разломно-трещинных структур, включающих потенциально рудные зоны. Рудные тела имеют жильную или жильно-прожилково-вкрапленную форму, приурочены к сколовым или отрывным трещинным структурам, оперяющим разломы преимущественно северо-западного направления.

5. На каждой площади имеются специфические элементы проявления главных тектонических элементов, не известные в других местах. Более сложная древняя тектоника характерна для Улзытинского узла, где наблюдается и более тесная связь с

долгоживущей субмеридиональной зоной разлома регионального характера.

Рассмотренные тектонические условия рудолокализации рекомендуются учитывать в процессе дальнейших поисково-оценочных и разведочных работах, так как перспективы описанных рудных узлов (особенно Еловинского) еще не исчерпаны. Поисково-оценочные работы необходимо сопровождать детальным структурным анализом, что даст возможность выявить главные факторы рудоконтроля.

Библиографический список

1. Корольков А.Т. Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2007. 251 с.
2. Корольков А.Т., Семинский Ж.В., Бузов С.А. Структурные особенности Еловинского рудного узла (юго-запад Алданского щита) // Известия СО Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2012. № 2(41). С. 23–33.
3. Родыгин А.И. Признаки направления смещения при деформации сдвига. Томск: Изд-во ТГУ, 1991. 99 с.
4. Семинский Ж.В., Бузов С.А. Тектонические условия локализации золоторудного оруденения в активизированных древних блоках земной коры // Известия вузов. Геология и разведка. 2007. № 5. С. 21–28.
5. Семинский К.Ж., Гладков А.С., Лунина О.В., Тугарина М.А. Внутренняя структура континентальных разломных зон: прикладной аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2005. 293 с.
6. Сивяков А.В., Куликов Ю.А. К перспективной оценке на золото участка Владимирский (Восточный Саян) // Известия СО Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2007. № 4(30). С. 37–42.

7. Эйриш Л.В. Металлогения золота
Приамурья (Амурская область, Россия).

Владивосток: Дальнаука, 2002. 194 с.

Рецензент доктор геолого-минералогических наук,
профессор Иркутского государственного технического университета А.П. Кочнев