

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
2. Зинчук Н.Н. О выделении новых генетических типов иреляхских отложений на правом берегу реки Малая Ботуобия (Западная Якутия) // Новости геологии Якутии. № 4. Якутск: ПГО «Якутскгеология», 1978. С. 67–72.
3. Зинчук Н.Н. Глинистые минералы в древних корках выветривания и продуктах их переотложения в континентальных толщах Западной Якутии. М.: МОИП, 1986. С. 5–19.
4. Зинчук Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений). Новосибирск: НГУ, 1994. 240 с.
5. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. М.: Недра, 2000. 538 с.
6. Зинчук Н.Н., Борис Е.И. Средне-позднетриасовые коры выветривания северо-восточной части Ангара-Вилуйского прогиба // Советская геология. 1980. № 4. С. 113–125.
7. Зинчук Н.Н., Борис Е.И. Обогащенность продуктами выветривания мезозойских отложений Ангара-Вилуйского прогиба // Советская геология. 1981. № 7. С. 100–108.
8. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
9. Иванив И.Н., Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Хмелевский В.А. Состав, условия формирования отложений иреляхской свиты // Советская геология. 1977. № 5. С. 148–156.
10. Казанский Ю.П. Выветривание и его роль в осадконакоплении. М.: Наука, 1976. 271 с.
11. Рожков И.С., Михалев Г.П., Зарецкий Л.М. Алмазные россыпи Мало-Ботуобинского района Западной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 137 с.

REFERENCES

1. Afanasiev V.P., Zinchuk N.N., Pokhilenko N.P. *Prospecting mineralogy of diamond*. Novosibirsk, Geo (Publ), 2010, 650 p. (in Russian)
2. Zinchuk N.N. About allocation of new genetic types of Irelyakh sediments on the right bank of the Malaya Botuobiya river (Western Yakutia). *News of geology of Yakutia*. Yakutsk, 1978, no 4, pp. 67–72. (in Russian)
3. Zinchuk N.N. *Argillaceous minerals in ancient crusts of weathering and products of their redeposition in continental rock mass of Western Yakutia*. M., VMOIP (Publ), 1986, pp. 5–19. (in Russian)
4. Zinchuk N.N. *Crusts of weathering and secondary changes of the Siberian platform kimberlites (in connection with the problem of prospecting and mining of diamond deposits)*. Novosibirsk, NSU (Publ), 1994, 240 p. (in Russian)
5. Zinchuk N.N. *Postmagmatic minerals of kimberlites*. M., Nedra Publ, 2000, 538 p. (in Russian)
6. Zinchuk N.N., Boris E.I. Middle-Late-Triassic crusts of weathering of north-eastern part of Angara-Vilyuy trough. *Soviet Geology*, 1980, no 4, pp. 113–125. (in Russian)
7. Zinchuk N.N., Boris E.I. Enrichment of Angara-Vilyuy trough Mesozoic sediments by products of weathering. *Soviet Geology*, 1981, no 7, pp. 100–108. (in Russian)
8. Zinchuk N.N., Koptil V.I. *Typomorphism of the Siberian platform diamonds*. M., Nedra Publ, 2003, 603 p. (in Russian)
9. Ivaniv I.N., Zinchuk N.N., Boris E.I., Hmelevsky V.A. Composition, conditions of Irelyakh suite sediments formation. *Soviet Geology*. 1977, no 5, pp. 148–156. (in Russian)
10. Kazansky Y.P. Weathering and its role in sedimentation. M., Nauka Publ, 1976, 271 p. (in Russian)
11. Rozhkov I.S., Mikhalev G.P., Zaretsky L.M. *Diamondiferous placers of Malo-Botuobinsky region of Western Yakutia*. M., USSR AS (Publ), 1963, 137 p. (in Russian)

УДК 533. 411

О «ШАГЕ РАЗМЕЩЕНИЯ» И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ТЕЛ ЖИЛЬНОГО ТИПА

Е.М. НЕКРАСОВ

ФГУНПП «Аэрогеология»

8, стр. 2, Академика Волгина ул., г. Москва 117485, Россия

e-mail: nekrasov@mineral.ru

Показано, что на участках некоторых золоторудных месторождений жильного типа рудные тела нередко размещаются вдоль непротивоположных локальных рудоуправляющих нарушений (ЛРН) в виде закономерной системы равноудалённых одна от другой жил на расстояние от 30–70 м до 100–250 м, т. е. в «шаге размещения». Это позволяет прогнозировать рудные тела на флангах нарушений и вести поиск бурением. В ряде примеров близповерхностных месторождений подтверждено, что такие рудные тела могут формироваться на двух вертикальных рудоносных уровнях — верхнем и нижнем. На верхнем уровне система золоторудных тел возникает в пределах очень короткого вертикального диапазона (100–300 м), неглубоко от палеоповерхности, преимущественно в алунит-адуляр-каолиновых метасоматитах. Здесь формируются ритмично-полосчатые руды с низкопробным золотом. На нижнем уровне рудные тела образовались в интервале 600–1000 м и глубже от палеоповерхности в зонах тектонических брекчий, пересекающих метасоматиты типа вторичных кварцитов. В них чаще локализуются руды брекчиевой текстуры со сравнительно высокопробным золотом. Таким образом, на близповерхностных месторождениях возможно проведение поисков новых рудных тел (в том числе слепых) в «шаге размещения» одно от другого на двух уровнях орудуения и вместе с тем на значительной глубине.

К л ю ч е в ы е с л о в а: золоторудные месторождения; рудные тела; шаг размещения; руды; минералы благородных металлов; поиски.

ON «STEP OF ALLOCATION» AND FORECASTING
OF THE VEIN GOLD ORE BODIES

E.M. NEKRASOV

*Federal State Unitary Scientific Production Enterprise "Air Geology"
Build. 2, 8, Academician Volgin Street, Moscow 117485, Russia
e-mail: nekrasov@mineral.ru*

On the example of a number of domestic and foreign gold vein deposits it has been shown that the system of gold-ore bodies is located along some narrow local ore controlling displacements in a shape of veins. These veins are located at approximately equal distances from each other - at allocation step. This step varies from 30–70 m to 100–250 m for different deposits. It allows forecasting of ore bodies at the flanks of the displacements and exploration by drilling. On the example of near-surface deposits it has been confirmed that such ore bodies can be formed at two vertical ore-bearing levels — upper and lower (deep). The upper level appears at very narrow vertical range of depths (100–300 m) near the paleosurface, presumably in the aluminous-adular-kaolinic metasomatites. Here the rhythmically-banded ores with low-grade gold are formed. At the lower (deep) level, the ore bodies can be formed in the interval of 600–1000 m and deeper from the paleosurface in the zones of tectonic breccia, crossing the metasomatites of the secondary quartzites type. They are more often to be the place of the localization of breccia structure ores with comparatively high-grade gold. So, at the near-surface deposits it is possible to explore the new (in particular, blind) ore bodies in allocation step distance from each other at two levels of mineralization, and, moreover, at the significant depth.

Keywords: gold deposits; ore body; mineralization; minerals of noble metals; step of allocation; exploration.

В последнее время золотодобывающие компании предпочитают разрабатывать крупнейшие и крупные золоторудные месторождения, представленные единичными, но мощными и протяжёнными зонами прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд. Вместе с тем в мире существенно преобладает доля месторождений золота, которые относятся к средним и даже мелким объектам, сложным разобщёнными, но нередко субпараллельными рудными телами. Отработка каждого из них заканчивается сравнительно быстро, что требует непрерывной доразведки эксплуатирующихся месторождений. В подобной обстановке значительную роль играют надёжные предпосылки обнаружения новых рудных тел. При этом существенное значение приобретает разработанное к настоящему времени понятие «шага размещения» рудных тел. Эксплуатирующиеся рудные тела обычно являются членами рудно-структурного звена, которое может быть представлено связкой «рудоконтролирующее нарушение — отделяющийся от него рудовмещающий разрыв и залечивающее его рудное тело». При этом рудоконтролирующие нарушения даже на сравнительно небольших месторождениях нередко выступают и рудоподводящими разрывами. Масштабно проявляющиеся рудоконтролирующие нарушения обычно ведут себя в качестве подчинённых по отношению к основным разломам, контролирующим в целом размещение оруденения на месторождении. Они ограничиваются такими разломами. В результате они выступают контролируемыми развитием оруденения только на отдельных сравнительно небольших и разобщённых участках месторождения. Примером таких объектов могут служить хорошо известные глубокосформированные золоторудные месторождения, такие как Дарасунское, Итакинское в Восточном Забайкалье, Кочкарское на Южном Урале и др. Среди близповерхностных месторождений золотосереб-

ряных руд можно назвать Балей-Тасеевское, Джульета, Агинское, Мутновское и пр.

Кратко остановимся на названных примерах. Дарасунское месторождение развито в массиве верхнепалеозойских гранитоидов и сменяющих их на западе и юго-западе амфиболовых сланцах раннепалеозойского возраста. Оно детально описано Д.А. Тимофеевским [12] и его помощниками, в числе которых был и автор настоящей статьи [4].

Месторождение расположено в 140 км на северо-восток от г. Чита. Оно размещается между разломами-сателлитами Дарасун-Балейской зоны региональных разломов северо-западного направления. Представлено разобщёнными рудными жилами и жилообразными зонами (в амфиболитах). Жилы и жилные зоны отделяются от не протяжённых и маломощных рудоконтролирующих нарушений. Последние проявлены между субпараллельными разломами-сателлитами: Северо-Восточным, зоной Главного сброса и разломом Карбонатных жил (вытягивающимся вдоль юго-западной границы месторождения). Разломы-сателлиты региональной Балей-Дарасунской поперечной зоны расчленяют месторождение на два оруденелых тектонических блока (рис. 1) — северо-восточный и юго-западный. Блоки вытянуты в северо-западном направлении более чем на 3 км и вмещают все рудные тела месторождения. Развитые между ними не протяжённые рудоконтролирующие нарушения обладают север—северо-восточным простиранием.

Это маломощные (обычно менее 1 м) трещинные поверхности с дорудной гидротермально-изменённой глиной трещин и редкими линзовидными зонами тектонической, также изменённой брекчии. Прослеживается каждое из них не более чем на 1,0–3,0 км. Учитывая изложенное, такие нарушения, подчинённые более протяжённым и мощным разломам (на Дарасуне — Северо-Восточный, Главный, Карбонатных жил) целесообразно

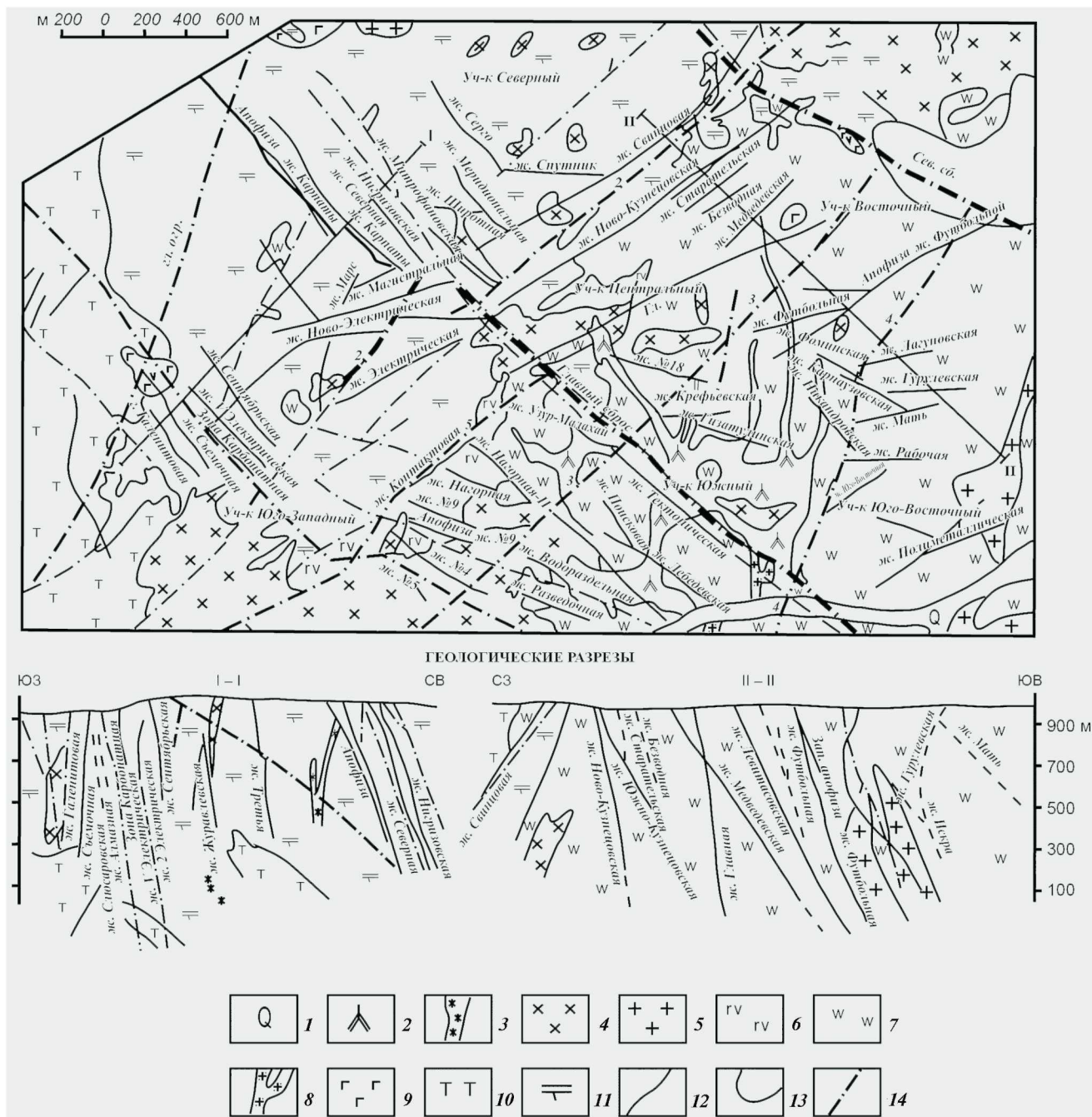


Рис. 1. Геологическая схема Дарасунского месторождения и разрезы [12]; план, Северо-Восточный сброс – Сев. сб, Главный сброс, зона Карбонатная, Главное нарушение, ограничивающее распространение оруденения на северо-запад – Гл. огр., локальные рудо-контролирующие нарушения (ЛРН) северо-восточного простирания: 1 – Мартовское, 2 – Ново-Кузнецовское, 3 – Школьное, 4 – Юго-Восточное, 5 – Контактное; 1 – рыхлые аллювиальные и аллювиально-делювиальные отложения; интрузивные породы: комплекс даек и малых интрузивов средне- и позднеюрского возраста; 2 – плагiogранит-порфиры; 3 – сиенит-порфиры; комплекс пород лейкократовых гранитов и сиенитов позднепалеозойского-раннемезозойского возраста; 4 – сиениты, граносиениты, микро-клин-пертитовые граниты и их дайковая фация; 5 – лейкократовые граниты и их дайковая фация; комплекс пород гранодиоритовых интрузивов среднего палеозоя: 6 – габбро и габбро-диориты; 7 – гнейсовидные кварцевые диориты и гранодиориты; 8 – аплиты и аплито-пегматиты; комплекс древних метаморфизованных габброидных пород и амфиболитов нижнего палеозоя: 9 – пироксен-рогообманковое габбро, амфиболитизированные габбро и габбро-диабазы; 10 – нерасчлененный комплекс метаморфизованных и гранитизированных габбро, габбро-диоритов, пироксенитов, габбро-диабазов; 11 – амфиболиты, амфиболитизированные габбро-диабазы, гранитизированные и инъецированные граносиенитами породы; 12 – золоторудные сульфидно-кварцевые жилы; 13 – контакты пород; 14 – зоны тектонических нарушений и разломов (последние выделены более толстым штрихом)

считать локальными рудоконтролирующими нарушениями (ЛРН). Именно от них на Дарасуне отделяются поперечные (или несколько косо ориентированные) боковые оперяющие сколы и залечивающие их золоторудные жилы и зоны.

В пределах проявленных и названных двух оруденелых тектонических блоков пород между упомянутыми дорудными разломами размещается несколько десятков золоторудных тел жильного типа [12] (рис. 1). Каждый из блоков включает золото-сульфидно-кварцевые жилы преимущественно северо-восточного, а в юго-западном блоке — в нижнепалеозойских амфиболитах — северо-западного и широтного простираний.

Если проследить размещение рудных тел в северо-восточном тектоническом блоке месторождения, то оказывается, что в его пределах развиты четыре ЛРН. Их называют: Главным ограничивающим нарушением, Ново-Кузнецовским, северным флангом Школьного нарушения и Юго-Восточным (рис. 1). Именно от последнего наиболее чётко отделяются рудоносные сколы и залечивающие жилы северо-восточного направления (с севера на юг): Лагуновская, Гурулёвская, Мать, Рабочая, Юго-Восточная, Полиметаллическая. Самым примечательным фактом является почти одинаковое расстояние между соседними жилами. Оно составляет от 50—80 до 100—130 м (рис. 1). Именно указанное расстояние авторы считают возможным понимать на Дарасуне как «шаг размещения» субпараллельных золоторудных жил вдоль нарушений ЛРН. Таким образом, учитывая упомянутый «шаг» и отсчитывая его от последней выявленной жилы, следует вести буровые и горные поисково-разведочные работы, направленные на обнаружение следующего нового рудного тела. Обнаружение их возможно в связи с проявлением других ЛРН: к северу от Лагуновской, Футбольной и Арефьевской жил, к югу от Никандровской и Гизатулинской жил, жилы № 18, Спутник и Широкая (рис. 1).

В пределах другого оруденелого, юго-западного тектонического блока геолого-структурная обстановка, сходная с Юго-Восточным, повторяется. Она наблюдается между северо-восточными Школьным, Контактным, южными флангами Ново-Кузнецовского и Контактным нарушениями типа ЛРН, между последним и южным флангом Футбольного ЛРН и к юго-востоку от Школьного (рис. 1). К Школьному ЛРН в шаге размещения примыкают вытягивающиеся на северо-запад золоторудные жильобразные залежи Узур-Малахай, Нагорная Первая и Вторая, жила № 9 и её апофиза, а также жила № 4. На юго-восток от того же ЛРН прослеживаются рудоносные зоны Тектоническая, Поисковая и Лебедевская, а также Разведочная [12]. Здесь «шаг размещения» составляет около 100—130 м. При учёте его возможно обнаружение новых жильных тел к северу от жильной

зоны Нагорной Второй, а также других жил между ЛРН Электрическим и Контактным, Контактным и Школьным, Школьным и южным флангом Футбольного нарушений (рис. 1). Примечательно, что на рассматриваемом участке месторождения рудные тела могут залегать в габбро и габбро-диабазе, датируемых PZ_3-MZ_1 . Дело в том, что представление об ограничивающей роли «разлома Карбонатных жил» в последние 10—15 лет существенно изменилось: к юго-западу от этого разлома в габбро и габбро-диабазе были установлены жильобразные золотоносные тела (Съёмочное и Галениновое), которые отделяются от Главного ограничивающего ЛРН. Кстати, между ним и южным флангом Ново-Электрического ЛРН возможно обнаружение новых золотоносных жильных тел, наподобие знаменитых (в своё время) богатых Первой и Пятой Электрических залежей [12] (рис. 1).

Другим не менее представительным примером может служить месторождение Кочкарь в Южно-Уральской золотоносной провинции. Месторождение настолько часто описано в обширной геологической литературе, что ниже будут освещаться только те его особенности, которые в той или иной мере касаются представлений о «шаге размещения» рудных тел.

Месторождение приурочено к западной окраине Пластовского гранит- и гранодиорит-порфирового массива, образовавшегося на границе позднедевонского и раннекаменноугольного времени. Массив развился между парой протяжённых региональных разломов субмеридионального и северо-западного направлений, определивших границы его с запада и юга.

На месторождении выделяют северный, наиболее промышленно-важный, и южный участки. Северный участок в дорудный этап развития был расчленён серией разломов восток—северо-восточного простирания — Покровским, Главным, Центральным, Рождественским с преобладающим падением в южных румбах под углом около 70° . Они располагаются в 0,3—0,5 км один от другого (рис. 2). Разломы сопровождаются образованием многочисленных оперяющих сколов широтного направления, которые чаще падают на север под углом около 60° (хотя имеются сколы и с обратным падением). Густая сеть этих сколов соединяет разломы в единую сеть разрывов. При этом оперяющие сколы размещаются закономерно, проявляясь на расстоянии от 30 до 65—75 м. Думается, что именно этот параметр может быть назван «шагом размещения» оперяющих разрывов, а в случае их залечивания рудами — «шагом размещения» рудных тел. Возникшая густая сеть разрывов в дорудное время была использована дайками лампрофиров пёстрого состава — от габбро, диабазовых и диоритовых порфиров до гранодиорит-порфиров. Даяк на месторождении насчитывают более 2 тыс., мощно-

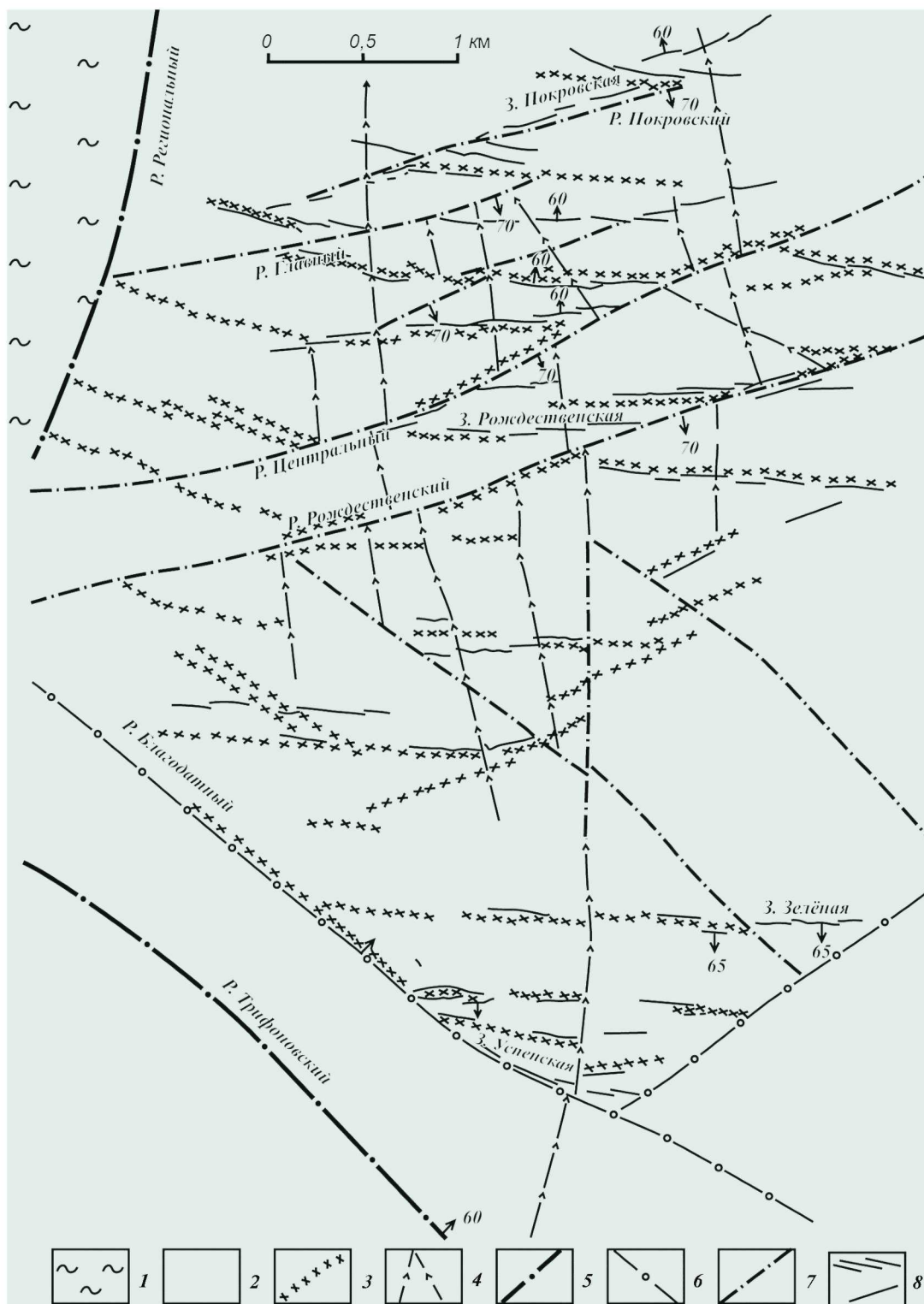


Рис. 2. Геологическая схема месторождения Кочарь, по [2]; план, Р – основные разломы, З – наиболее протяжённые и промышленно-важные рудоносные жильно-прожилковые зоны, приуроченные к дайкам-табашкам пёстрого состава: Покровская, Рождественская, Зелёная, Успенская; 1 – сланцево-гнейсовая толща; 2 – гранит- и гранодиорит-порфиры (D_3-C_1); 3 – дорудные дайки лампрофиров пёстрого состава; 4 – послерудные дайки лампрофиров; 5 – региональные рудоконтролирующие разломы; 6 – другие менее протяжённые рудоконтролирующие нарушения, в том числе типа ЛРН; 7 – прочие разрывы; 8 – рудоносные жильно-прожилковые зоны, приуроченные к дайкам-табашкам пёстрого состава

стью от нескольких долей м до 20 м (в узлах соединения соседних тел). Дайки образуют чрезвычайно плотную сеть, занимая до 14 % площади массива. Среди них преобладают тела двух направлений: восток—северо-восточного (в зонах основных и попутных разломов) и широтного простираний в оперяющих сколах. Дайки первого из названных направлений, в разломах, прослеживаются на расстоянии до 1,0—1,3 км. Другие, менее протяжённые тела образуют широтную систему (рис. 2). Они представлены как самостоятельными жильными телами, так и многочисленными изогнутыми малопротяжёнными апофизами более выдержанных восток—северо-восточных даек [1, 7]. В дорудный этап развития зальбанды многих даек и апофиз, а также центральные части некоторых были тектонически нарушены и раздроблены. Гидротермально-изменённая брекчия даек и примыкающих гранитоидов затем оказалась сцементированной золотосодержащим рудно-жильным (умеренно сульфидно-кварцевым) веществом. Гидротермально-изменённые зоны обломочных пород в дайках и примыкающих боковых гранитоидах, а также цементирующие жильные рудные образования бурой и тёмно-бурой окрасок (вблизи поверхности) называли «табашками». Они заключают развинутое в жильном веществе, в прожилках и жилах и межжильном пространстве вкрапленность преобладающих золотосодержащих пирита и арсенипирита [9]. Она вместе с собственным высокопробным золотом обнаружена на самых глубоких горизонтах месторождения. Золото представлено преимущественно плёнками, чешуйками, мельчайшими зёрнами и прочими формами. Обычно они ассоциируют с разнообразными минералами висмута, теллура и сульфидами цветных металлов. Содержания золота устойчиво сохраняются на уровне 15—17 г/т на самых глубоких горизонтах месторождения. Возникшие золоторудные тела обладают, по сведениям [2], самой разнообразной формой — от жильной плитообразной до местами прожилковой, ветвящейся, амёбовидной. Наиболее выдержанные из них на северном участке — Покровская прожилково-жильная золотоносная зона прослеживается максимально на протяжении 1200 м в виде разобщённых правосторонне расположенных жил-кулис, хотя на месторождении более часто наблюдаются жильные кулисы левостороннего типа. Все они размещаются, примыкая к рудоносным разломам, которые могут рассматриваться в качестве ЛРН на северном участке месторождения (рис. 2, 3).

В пределах южного фланга месторождения сформировались менее выдержанные дайки и приуроченные к ним золотоносные жильные тела (например, зона Зелёная) преимущественно широтного простирания (рис. 2). Все геологи, изучавшие Кочкарское месторождение, считают, что развитые

в широтных табашках субпараллельные золоторудные тела размещаются на вышеуказанном расстоянии — от 30 до 70 м (рис. 3), т. е. на расстоянии «шага размещения». Он сохраняется, начиная от восточной границы месторождения до западной, на протяжении почти 4 км и местами более. Скорее всего можно считать, что оруденелые широтные табашки по сути развились в зонах боковых рудоносных сколов более выдержанных рудоконтролирующих (и рудоносных) нарушений (ЛРН) восток—северо-восточного простирания (рис. 2, 3).

Таким образом, для Кочкарского месторождения можно отметить следующее.

1. «Шаг размещения» рудных тел обеих трещинных систем (северо-восточной и широтной) сохраняется постоянным на достаточно обширной территории месторождения и не изменяется в пределах сравнительно большого вертикального интервала, начиная от поверхности до глубины 1000 м, и, скорее всего, на более глубоких уровнях.

В период оруденения были оживлены все ранее образовавшиеся разрывы рудовмещающих направлений. Очевидно, разрядка тектонических напряжений происходила повсеместно за счёт существенных перемещений по нарушениям ЛРН восток—северо-восточного простирания. Шаг размещения рудных тел заложен задолго до оруденения за счёт закономерного проявления на примерно равном расстоянии боковых сколов и залечивающих субпараллельных даек, использовавших закономерно проявившуюся сеть оперяющих разрывов. Его необходимо учитывать и применять для поиска новых рудных тел вплоть до самых глубоких горизонтов месторождения.

2. Оживление и развитие руд в зонах наиболее выдержанных ЛРН (восток—северо-восточного простирания) позволяет рассматривать их как наиболее благоприятные объекты прогнозирования. Это следует из учёта их максимальной выдержанности и сравнительно высоких содержаний золота в залечивающих рудных телах.

Здесь необходимо также напомнить, что при поисках руд бурением в случае отсутствия на заданном месте (участке) разыскиваемого рудного тела, это не означает, что оно действительно отсутствует. Вероятно, оно не оказалось установленным на опойсковываемом горизонте (уровне), а верхняя «кромка» его размещается в 50—100 м ниже, и может быть даже глубже указанного уровня.

В частности, на Дарасунском месторождении Д.А.Тимофеевским [12] было составлено много разрезов, которые убедительно показали, что наиболее насыщенным рудными телами оказался вертикальный диапазон глубин от поверхности до 700 м ниже её (рис. 1). Указанная позиция касается и Кочкарского месторождения, Итакинского, Советского и многих других с аналогичной рудно-структурной обстановкой размещения оруденения. По-

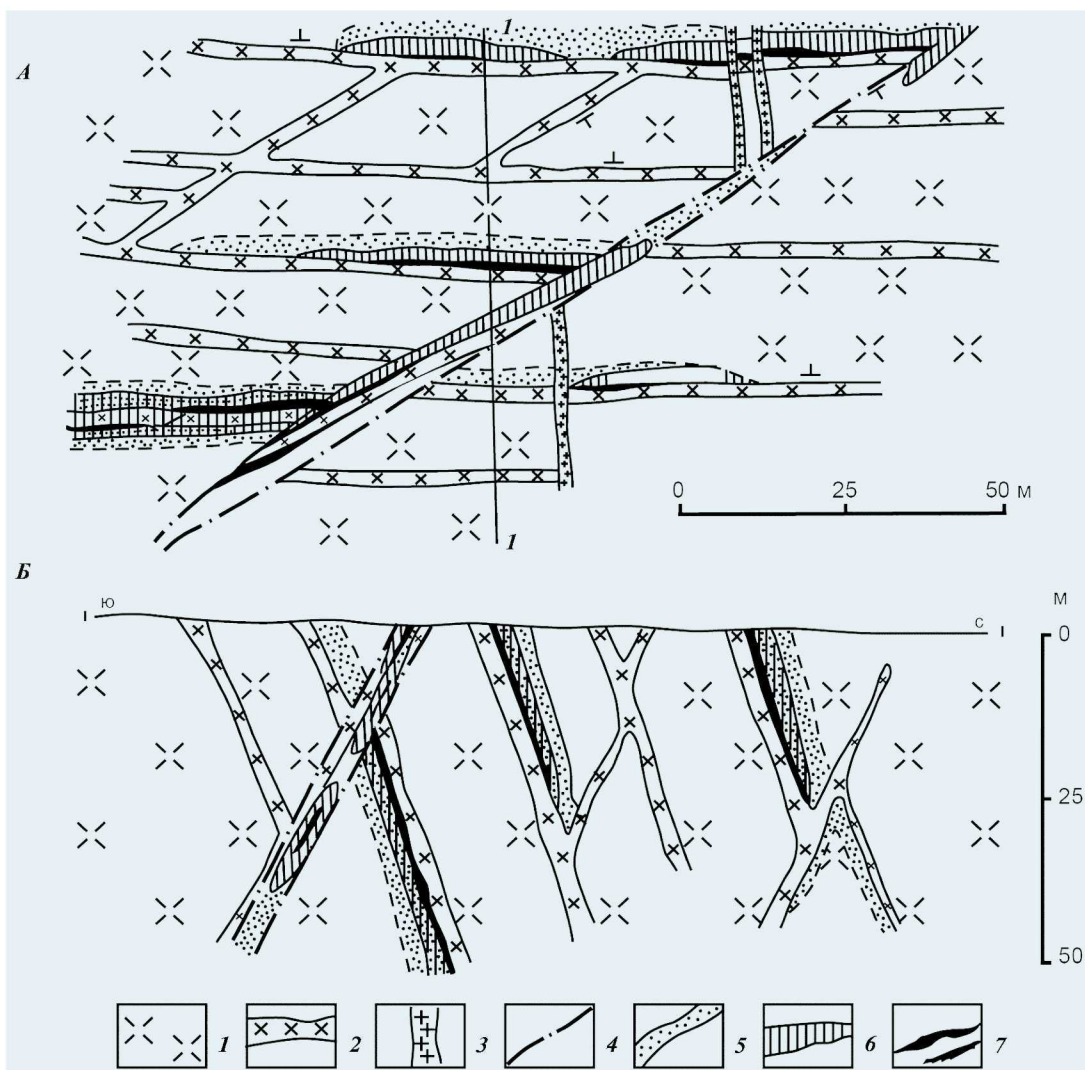


Рис. 3. Месторождение Кочкарь: *А* — геологический план участка месторождения, *Б* — разрез его с юга на север, по [2]; пример проявления субпараллельных, вытягивающихся широтно даек табашек пёстрого состава и приуроченных к ним рудных жил и прожилков, расположенных на расстоянии «шага размещения»: 1 — адалит-плагиограниты; 2 — дорудные дайки, в том числе табашки пёстрого состава, главным образом лампрофиров; 3 — послерудные дайки лампрофиров; 4 — локальные рудоконтролирующие нарушения типа ЛРН; 5 — зоны березит-лиственитовых метасоматитов; 6 — геохимические ореолы, сопровождающие рудные тела; 7 — рудные тела

этому при отсутствии прогнозируемого тела, его положение должно быть проверено всером буровых скважин в диапазоне не менее 200—400 м глубже оцениваемого уровня. Действительно, на Дарасунском месторождении параллельные рудные тела непрерывно прослеживались от верхней «кромки» до выклинивающегося «хвоста» их в северо-восточном рудоносном блоке в вертикальном диапазоне 500—800 м, а в юго-западном блоке — ещё глубже — до 800—1000 м (рис. 1 и [5, с. 102, рис. 56]).

Иногда кажется, что закономерная повторяемость отделяющихся боковых сколов и приуроченных к ним золоторудных тел и участков богатых руд не находит объяснения. Однако один из лидеров рудно-структурного направления в рудной геологии Е.Ш. Хиллс [13] нашёл ответ на этот вопрос.

Действительно, золоторудные тела на некоторых месторождениях используют серии боковых оперяющих сколов и узлы отделения их от трещинообразующих локальных рудоконтролирующих нарушений (ЛРН). При этом они прослеживаются с постоянной повторяемостью, на одном и том же расстоянии вдоль таких разрывов. Именно это и обуславливает проявление «шага размещения». Е.Ш. Хиллс, помимо многолетнего изучения рудоносных трещинных нарушений, провёл многочисленную серию экспериментов, объясняющих процесс образования разрывов и отделяющихся от них оперяющих боковых сколов. В результате он пришёл к следующему выводу.

Любое достаточно протяжённое трещинное нарушение формируется в зоне сосредотачивающихся максимальных тектонических напряжений в ре-

результате слияния в этой зоне серии секций, звеньев трещин в единое целое образование. При этом боковые оперяющие сколы появляются в местах, где разрастающееся нарушение и движущийся при этом вдоль него блок пород встречает какой-либо упор. Им могут быть препятствующие движению изгибы нарушения, поперечные разрывы и контакты различных пород, смена ориентировки слоистости на близкую к поперечной, скопления ксенолитов, повторяющиеся и располагающиеся на примерно одном расстоянии (в «шаге размещения»). В однородной среде длина, протяжённость секций нарушений преимущественно составляет 50–200 м. Фланги, концы сочленяющихся секций, звеньев при смыкании перегибаются. При этом многие секции, звенья образуют на фланге вогнутую поверхность. Именно она и представляет упор для разрастающегося и движущегося при этом блока породы (рис. 4). При упоре, как бы при сдерживании движущегося блока, от перегиба нарушения в боковую породу отделяется оперяющий скол. Задерживающееся движение основного блока частью продолжается вдоль скола, частью вдоль основного нарушения — вправо от последнего. Это вызывает появление полостей в основном и боковом нарушениях, а затем залечивание их жильным и рудным веществом. При повторяемости смыкающихся звеньев возникают повторяющиеся на равном расстоянии одно от другого рудные тела, т. е. в «шаге размещения». Указанная закономерность отмечается для многих отечественных золоторудных месторождений глубинного генезиса, что чётко отражено М.М. Константиновым [5]. В частности, подобный «шаг размещения» субпараллельных рудных тел, закономерно расположенных на равном расстоянии одно от другого, изображён на планах и разрезах следующих отечественных месторождений: Советское, Итакинское, Ключевское, Майское, Школьное, Павлик, Маломирское, Салют, Кючус, Нежданинское, на месторождениях Приморского, Аркачанского и Дrajного и других рудных полей, где обнаружена рудно-структурная связка разрывов типа ЛРН и отделяющихся от них серий рудоносных оперяющих сколов.

Как будет показано ниже, рассматриваемая закономерность характерна и для многих близповерхностных месторождений золотосеребряных руд. Примером их на территории нашей страны (в частности, на крайнем Востоке) могут служить Карамкенское, Агинское, Озерновское, Мутновское месторождения, Дукацкое, Джульетта и др.

Кратко изложим рассматриваемую проблему на примере Карамкенского, Агинского (Россия) и Куסיкино (Япония) месторождений.

Карамкенское месторождение расположено на юго-западном фланге Охотско-Чукотского вулкано-огненного пояса, в 104 км на север от г. Магадан, почти на берегу Охотского моря. Месторождение

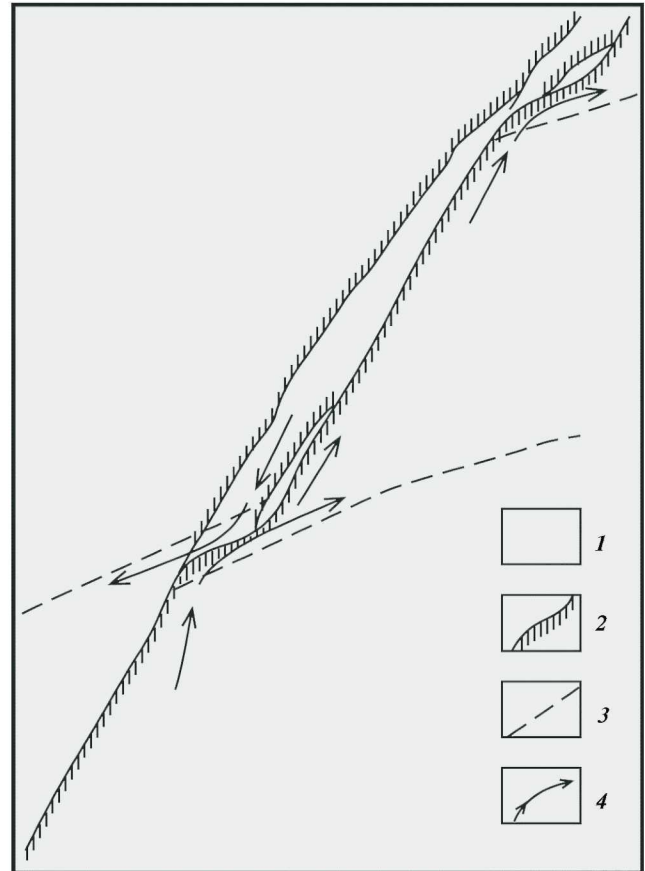


Рис. 4. Схема перемещений и образования трещинных полостей, которые могут залечиться рудным веществом, по [1]; план: 1 — рудовмещающие породы; 2 — блоки пород и трещинные полости, ограниченные стенками дорудных разрывов; 3 — боковые оперяющие сколы; 4 — направления движений блоков пород вдоль стенок разрывов

образовалось вдоль широтного Карамкенского разлома в позднемеловых андезитах и дацитах, а местами в их лавобрекчиях и прорывающих мелких штоках и дайках дацит-риолитовых-порфиров [1]. Карамкенский разлом выполняет роль локального рудоконтролирующего нарушения (рис. 5). От его поверхности на юго-запад отделяется система чередующихся оперяющих сколов. К ним приурочены рудные тела прожилково-жильных близповерхностных золотосеребряных руд. Таких тел (называемых жилами) насчитывается на месторождении не менее семи. Залечиваемые ими боковые рудоносные нарушения плавно отгибаются от тектонической поверхности разлома (впрочем, также и на глубокообразованном Дарасуне). На протяжении первых метров они представлены сомкнутыми дугообразными трещинами с глиной трения. Лишь на удалении 5–8 м от разлома они приобретают юго-западное направление (при крутом падении на юго-восток). Начиная от этой точки в их зонах появляется тектоническая брекчия. Она цементируется обволакивающим их жильным ритмично-полосчатым, сульфидно-кварцевым веществом

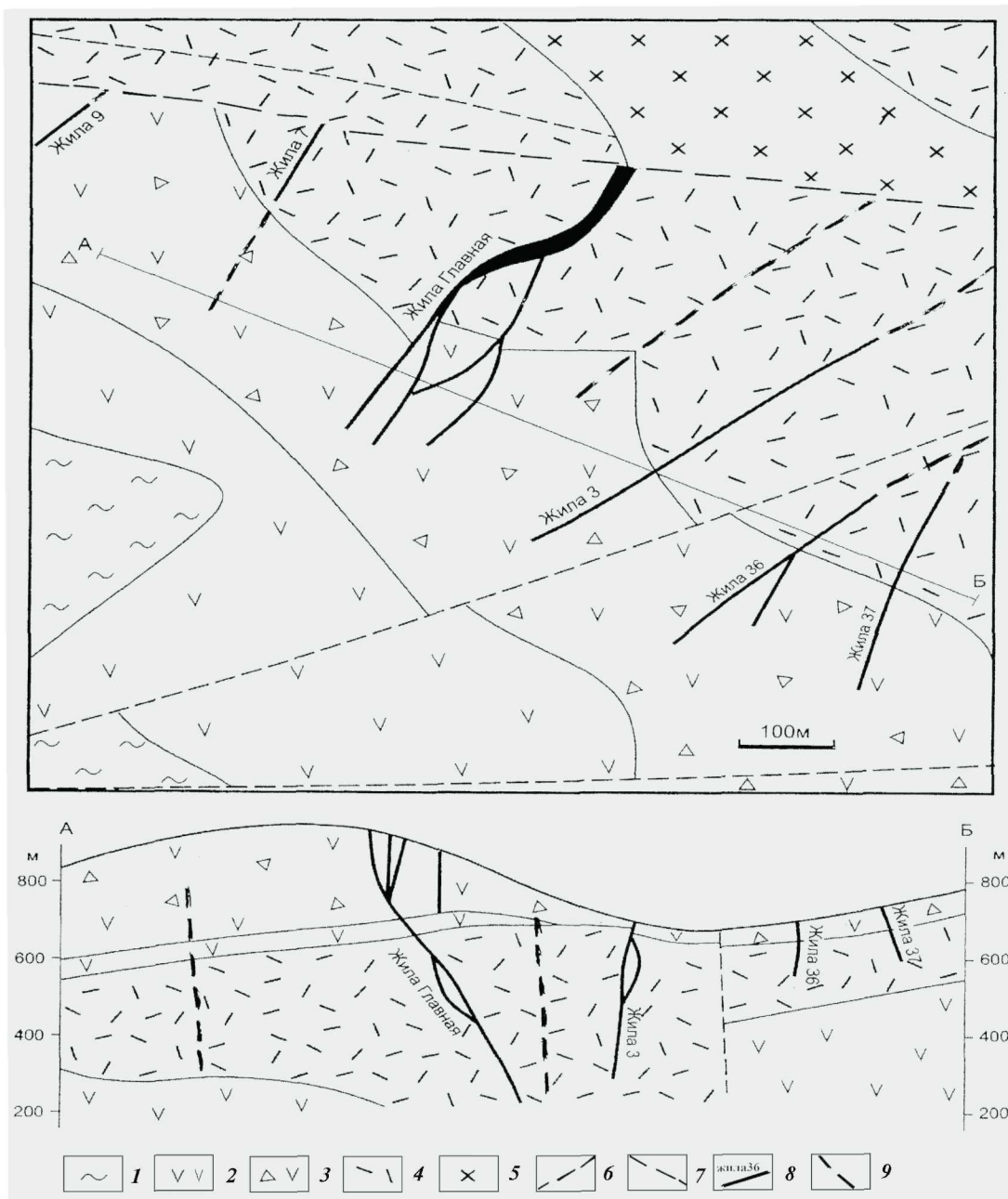


Рис. 5. Геологическая схема месторождения Карамкен (план) и разрез вдоль юго-западного бока Карамкенского разлома [1]; арабскими цифрами поименованы основные жилы и жильные зоны; на схеме чётко виден «шаг размещения» чередующихся рудоносных прожилково-жильных зон; позднемеловые вулканиты: 1 – игнимбриты и туфы риолитов; 2 – раннемеловые туфы риодацитов, андезиты; 3 – раннемеловые лавобрекчии андезитов; 4 – позднемеловые субвулканические дациты, риолиты; 5 – позднемеловые диориты; 6 – разломы; 7 – рудоподводящий Карамкенский разлом; 8 – рудные тела и их обозначения; 9 – предполагаемые слепые рудные тела

с золотосодержащими пиритом и арсенопиритом. Оно также содержит низкопробное золото. Указанные золоторудные тела везде закономерно располагаются вдоль разлома на одинаковом расстоянии в плане одно от другого — от 250 до 400–450 м. В вертикальном интервале западные жилы 9 и 7 располагаются относительно Главной жилы на абсолютных отметках 830–840 м, а восточные жилы 3, 36 и 37 — на высотах 730–740 м (рис. 5 [11]).

Интересно отметить также, что рудовмещающие разрывы и рудные тела образуются в глиноподобных полосах метасоматитов алунит-каолинитового, а глубже — в зонах брекчии кварцевого состава.

Таким образом, как западные, так и восточные жилы, включая Главную с её золоторудным столбом, сформировались в пределах очень короткого вертикального интервала, оценивающегося всего в 100 м (а для западных жил — 130 м). Это подтвер-

дила и проходка выработок Капитальной штольни на горизонтальном уровне около 570 м, которыми была вскрыта лишь нижняя часть («хвост») Карамкенского рудного столба [6]. Проанализированные расстояния между субпараллельными рудными телами авторы считают логичным трактовать как «шаг размещения» рудных тел, образовавшихся вдоль юго-западного бока Карамкенского разлома. Несомненно, что он выполнял роль ЛРН. Из руд месторождения, с содержанием благородного металла от 4 до 16 г/т, получено 38 т золота. По мнению автора, западнее жилы 9, в вертикальном интервале 850–700 м могут быть обнаружены новые слепые рудные тела. На проявление слепого оруденения имеется прямое указание С.Ф. Стружкова ([11], с. 48), для чего достаточно ревизовать имеющиеся материалы Геологической службы рудника.

Не менее интересные данные опубликовал М.М. Константинов ([5], с. 273, рис. 175) по Агинскому месторождению золотосеребряных руд. И.Д. Петренко [8], составивший ряд погоризонтных планов этого месторождения и проанализировавший их М.М. Константинов [5], показали, что Агинский пучок золоторудных тел северо-восточного простирания распространяется как на северо-восток, так и на юго-запад от полосы, скорее всего, сомкнутых (и поэтому слабо развитых и плохо картируемых) поперечных разрывов (рис. 6). Они трассируют перекрытый позднемиоценовыми вулканитами (андезитами, андезито-базальтами) поперечный (северо-западный) Кирганикский разлом. Видимо, подобные разрывы, как следы поперечных нарушений и трещиноватости, проявляются на юго-западных флангах сопутствующих рудных зон Мираж, Кальцитовая, Туманная, Сюрприз и Валери (рис. 5). Отделяющиеся от них рудоносные разрывы и рудные тела (северо-восточного направления) размещаются на расстоянии от 30 до 70 м. Они протягиваются как в главном Агинском рудном пучке, так и в упомянутых пучках Мираж, Валери, Туманный и других на северо-восток от полосы поперечных разрывов и, очевидно, на глубину. Более того, золоторудные столбы с чрезвычайно высоким содержанием золота (несколько килограмм металла в тонне руды), локализованные в основной Агинской зоне и зоне Валери, размещаются исключительно только в узлах ограничения или пересечения упомянутыми поперечными «следами разрывов» рудоносных нарушений северо-восточного простирания. Примером их может служить, Агинский столб или столб № 1, столбы Сюрприз, Валери, Находка, рудное тело Блуждающее и др. (рис. 6). Столбы и рудные тела в пучках размещаются на расстоянии 50–70 м. М.М. Константинов показал [5, с. 276, рис. 176], что на зарисовках всех рудных столбов неотъемлемым структурным элементом их являются оруденелые поперечные зоны дробления. Очевидно, в пределах руд-

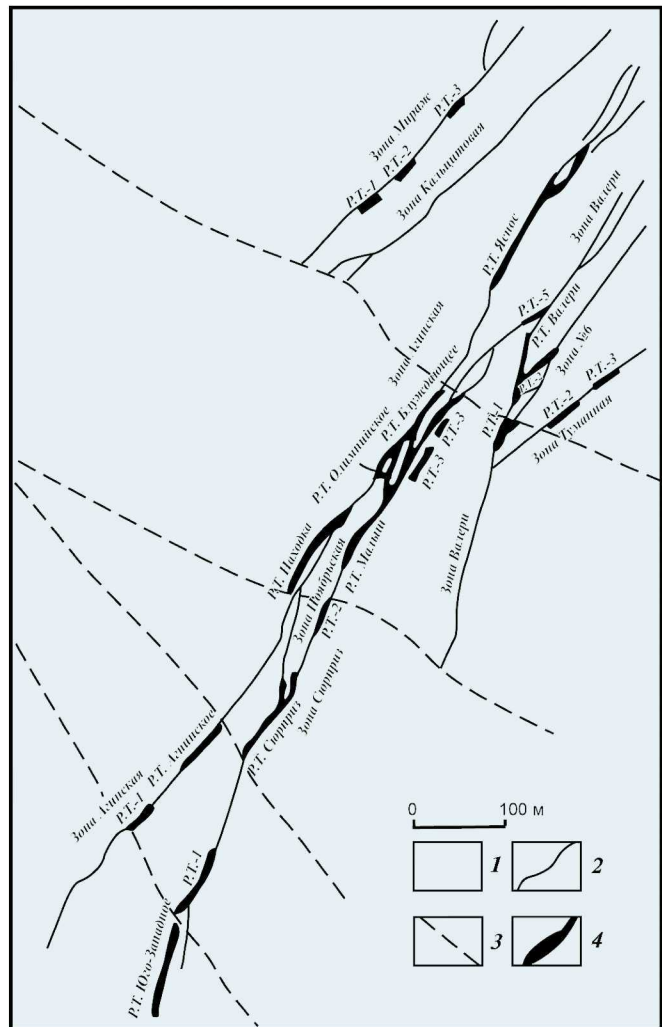


Рис. 6. Размещение золоторудных пучков (рудовмещающих разрывов и рудоносных прожилково-жилых тел) в андезито-базальтах на Агинском месторождении, по [8]; план; 1 – рудовмещающие миоценовые базальты и андезиты; 2 – рудоносные нарушения рудных пучков; 3 – следы скрытых поперечных нарушений и трещиноватости, трассирующие перекрытый вулканитами рудоуправляющий Кирганикский разлом северо-западного направления; 4 – рудные тела (РТ), включая золоторудные столбы; подписаны названия наиболее важных

ных столбов наиболее чётко проявилась рудоуправляющая и контролирующая роль поперечных разрывов-экранов (рис. 5) — следов проявления крупного Кирганикского, возможно, рудоподводящего разлома [5, с. 273, рис. 174]. Указанное расстояние также может трактоваться как «шаг размещения» субпараллельных рудных тел, проявляющийся вдоль разлома и позволяющий прогнозировать новые слепые рудные тела вдоль него в вулканитах.

Изложенные материалы нашли подтверждение также на ряде зарубежных месторождений золота. «Шаг размещения» субпараллельных рудовмещающих разрывов и рудных тел достаточно достоверно чаще выявляется для месторождений сравнительно глубокого генезиса, образовавшихся в хрупких

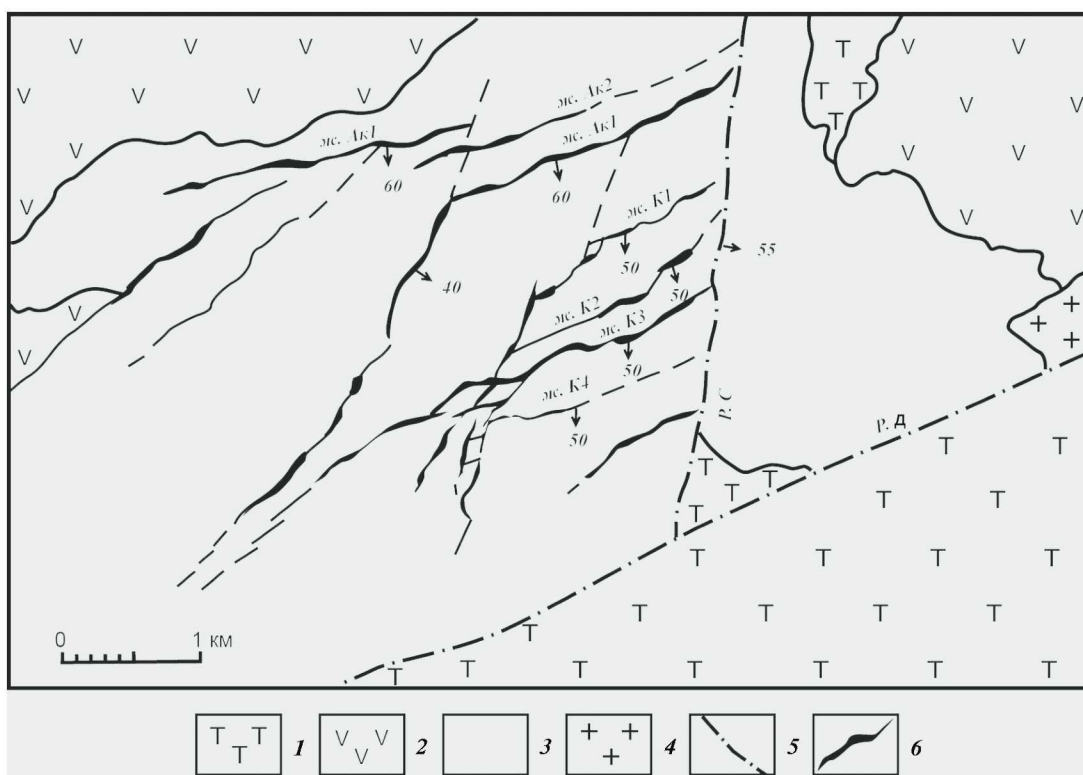


Рис. 7. Геологическая схема месторождения Куסיкино (со снятыми рыхлыми отложениями), по [11]; план: 1 – плейстоценовые спёкшиеся туфы; 2 – плиоценовые андезиты; 3 – миоценовые андезиты, их лавобрекчии и туфы; 4 – малые штоки постмиоценовых кварцевых порфиров; 5 – рудоконтролирующие разломы: С – Серигава, Д – Джотандагава; 6 – рудные жилы золотосеребряных руд с теллуридами благородных металлов (Первая и Вторая жилы Акенобе: ж. Ак 1 и ж. Ак 2, четыре жилы Куסיкино: ж. К1 – ж. К 4)

гранитоидных породах, в гнейсах и гранито-гнейсах, в песчаниках и умеренно метаморфизованных сланцах. Для близповерхностных месторождений примером его проявления, как упоминалось, могут служить золотосеребряные объекты Японской островной дуги, многократно освещённые в геологической литературе. Приведём краткое описание только одного из ярких представителей этой вулканотектонической постройки – месторождения Куסיкино [13].

Оно расположено на северо-востоке о. Хоккайдо. Месторождение локализовано в северной и восточной частях миоценовой, скорее всего, купольной вулканотектонической постройки, осложнённой разломом Серигава (рис. 7). Здесь от южного фланга разлома, выполняющего роль рудоконтролирующего нарушения типа ЛРН и ориентированного почти меридионально, в западном направлении последовательно отделяются наиболее чётко картируемые рудовмещающие брекчиевые зоны и залечивающие их золоторудные тела жильного облика. Они называются (с севера на юг) жилами Арукава и Куסיкино №№ 1–4 (рис. 7). Северные наиболее выдержанные жилы Арукава и Куסיкино 1, 2 располагаются на расстоянии 300–600 м, более южные – на расстоянии 100–250 м. Жильные зоны характеризуются золотосульфидно-кварцевым составом. Руды золотосеребряные

с теллуридами благородных металлов. Все они погружаются на юг–юго-восток под углами от 40 до 60°. Авторы полагают, что указанные расстояния могут также трактоваться как «шаг размещения» рудных тел. Полоса рудовмещающих разрывов и рудных тел унаследует два направления древней трещиноватости: сначала, вблизи разлома, жилы прослеживаются на запад–юго-запад не менее чем на 0,5–1,7 км, затем резко перегибаются и, приобретая северо-восточное простирание, вытягиваются на юг–юго-запад (на протяжении 0,5–1 км), после чего возвращаются к прежней ориентировке (рис. 7). Полностью протяжённость каждой из северных жильных зон превышает 4–5 км. В плоскости рудных жил развиты столбы богатых руд, которые склоняются на юго-запад под углами 45–60°. Оруденение и столбы протягиваются непрерывно по падению на глубину до 300–350 м. Таким образом, «шаг размещения», протяжённость оруденения по падению и другие особенности повторяют параметры, характерные для вышеуказанных отечественных месторождений.

Заключение

Изложенный фактический материал настоящей статьи достаточно убедительно свидетельствует о следующем.

1. Как на глубинных, так и на близповерхностных месторождениях золота при проявлении рудно-структурной связки «локальное рудоконтролирующее нарушение (или ЛРН) и отделяющиеся от него (косо- или поперечно-ориентированные) золоторудные тела и рудовмещающие разрывы, закономерно формируются на одинаковом расстоянии. Это расстояние трактуется как «шаг размещения» рудных тел. В плане на большинстве месторождений он составляет от нескольких десятков до 100—250 м. Указанное расстояние, возможно, определяется длиной секций (звеньев) разрастающихся тектонических нарушений (в том числе рудовмещающих) и появлением, согласно представлений Е.Ш. Хиллса, повторяющихся боковых оперяющих сколов на флангах стыкующихся секций (звеньев). При осуществлении такой ситуации в зонах возникающих оперяющих сколов образуются чередующиеся вдоль разрывов типа ЛРН параллельные рудные тела. Они залечивают зоны таких разрывов и перегибы секций на смыкающихся флангах. При этом в вертикальном разрезе на глубинных месторождениях указанный «шаг размещения» фиксируется на глубинах, распространяющихся до уровня 600—1000 м от современной поверхности. Нет нужды подтверждать, что, применяя «шаг размещения», возможно прогнозирование и обнаружение новых рудных тел вдоль и на флангах ЛРН, включая слепые рудные тела. При этом необходимо обратить внимание на то, что отсутствие рудного тела на прогнозируемом уровне не означает его действительного отсутствия, а предполагает проявлении их (преимущественно) на нижерасположенных уровнях прогнозирования. Для уточнения положения прогнозируемого рудного тела в разрезе необходимо бурение веера скважин.

Однако на некоторых близповерхностных месторождениях «шаг размещения» рудных тел, в отличие от выше указанного, установлен в вертикальном диапазоне, характеризующимся чрезвычайно малым вертикальным интервалом — от современной поверхности до глубин всего 100—150 м. Вместе с тем локально руды некоторых выявленных золоторудных столбов непрерывно прослеживаются от их верхней «кромки» на глубины до 400—500 м (в «хвосте» столба). Отдельные жилы непрерывно протягиваются на глубины до 700—900 м, например, на месторождении Байа-Сприе (Румыния). Чрезвычайно ограниченный вертикальный размах близповерхностного оруденения и вместе с тем непрерывность богатых руд и некоторых жил наводят на мысль: считать ли этот диапазон единственным уровнем оруденения, в частности, для близповерхностных месторождений, или это лишь верхний рудный ярус общей и более протяжённой «колонны оруденения». Напомним, что она формируется достаточно неглубоко от па-

леоповерхности. Именно, учитывая изложенное, можно предполагать, что руды некоторых разрабатываемых близповерхностных месторождений по сути являются только верхним ярусом более протяжённой в целом «колонны оруденения», проявляющегося как на верхнем, так и, возможно, на более глубоком уровнях. Напомним, что подобная ситуация установлена скважинами на Карамкене (в частности, в 500—700 м глубже нижней границы возможного верхнего яруса оруденения). О вероятной локализации на одном месторождении, т. е. одном рудоносном участке руд, образованных в пределах двух разобщённых (по вертикали) ярусов оруденения и прогнозирование его, высказывал М.М. Константинов [5, с. 329, рис. 208], а ранее другие геологи [3, 10].

Автор в пределах глыбово-складчатых сооружений вулканоплутонических поясов, исходя из наблюдаемых фактов, следующим образом представляет себе одновременное образование руд на двух различных ярусах (уровнях) оруденения.

По-видимому, сначала возникают рудовмещающие разрывы и трещиноватость на глубине 700—1000 м от палеоповерхности, в среде, метасоматически превращённой в карбонатно-кварцевые образования. Последние по сути представляют вторичные кварциты. Тектонически оживляясь и подвергаясь оруденению, на уровне нижнего яруса обособляются руды глубинного облика с высокопробным золотом. В частности, теллуриды из гидротермальных растворов здесь не кристаллизуются. Нижний уровень оруденения, видимо, может прогнозироваться на многих близповерхностных месторождениях золота.

Вверх по разрезу карбонатно-кварцевые образования постепенно сменяются эпидот-карбонатно-кварцевыми, а затем несколько выше и гидрослюдисто-эпидот-корренсит (минерал из группы хлоритов) — кварцевыми. Ещё выше, на уровне верхнего яруса оруденения, примерно в 100—500 м ниже дорудной палеоповерхности, в зоне метасоматитов названного состава появляются преобладающий ещё выше каолинит, а также адуляр, и сохраняются реликтовые скопления хлорита (в том числе корренсита) и гидрослюды. На этом уровне в глиноподобных метасоматических зонах и рассекающих разрывах происходит формирование близповерхностных ритмично-полосчатых руд низкопробного золота, серебра и теллуридов верхнего рудного яруса, охватывающего очень малый вертикальный диапазон (100—150 м, реже до 300 м и более). Под подошвой палеоповерхности рудовмещающие разрывы, отделившиеся от нарушений типа ЛРН, тектонически оживляются в главенствующих каолинитовых зонах.

3. Необходимо упомянуть также о чётко выдвинувшейся в последнее время роли рудоконтролирующих разломов и разрывов типа ЛРН при поис-

ках близповерхностных руд. Действительно, на ряде месторождений всё больше подтверждается главенствующая роль рудоконтролирующих нарушений (разломов и разрывов типа ЛРН), с которыми пространственно увязываются отделяющиеся от них мощные рудоносные зоны экономически-промышленных близповерхностных руд (месторождения Карамкен, Дукаат, Джульетта, Аметистовое, Кубака и Биркачан, Купол, Агинское, Озерновское и др.). Думается, что проявляющиеся вдоль и вблизи зон таких рудоконтролирующих нарушений мелкие одиночные прожилки, гнезда, вкрапленность окисленных рудных минералов несомненно свидетельствуют о двух перспективных геологических обстановках: 1) о проницаемости для гидротермальных растворов примыкающих пород и возможной локализации руд скрытого и слепого типа вблизи нарушений ЛРН; 2) поэтому представляется, что фланги рудоконтролирующих нарушений, накладывающихся на вулканотекто-

нические постройки в нескольких километрах от обнаруженных (и названных) месторождений, должны быть вновь опойскаваны или отривизованы, а участки с предпосылками оруденения детально изучены и разбурены.

4. Наконец, видимо, настало время напомнить о том, что близок пик (если уже не пройден) необычайно высокой и стабильной мировой цены на золото (40—45 долл/г, начиная с 2010 г), позволяющий рентабельно вести разведку и поиски некоторых несколько рискованных геологических объектов (например, возможно, весьма перспективных джаспероидных руд тонкого золота в известняках и доломитах на Ольче, слепых рудных тел на Балее, Дарасуне, Кочкаре, Многовершинном месторождениях и др.), а также разработку руд на глубинах около 1000 м и даже более от поверхности на ряде истощённых месторождений, но с сохранившейся инфраструктурой, не требующих новых капитальных вложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевский Н.И., Черемисин А.А. Критерии прогнозирования жильного оруденения на рудных полях Урала // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 173. С. 13—21.
2. Бородаевский Н.И., Черемисин А.А., Покусаев В.И., Яновский В.М. Кочкарское месторождение. Геология золоторудных месторождений СССР. М., 1984. Т. 1. С. 59—95.
3. Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. М. Госгеолтехиздат, 1953. 305 с.
4. Вольфсон Ф.И., Некрасов Е.М. Основы образования рудных месторождений. М.: Недра, 1986. 204 с.
5. Золоторудные месторождения России. / Отв. ред. М.М. Константинов. М.: ООО «Акварель», 2010. 349 с. Приложения.
6. Некрасов Е.М. Возможное проявление слепого оруденения на нижних уровнях месторождения Балей и механизм формирования богатых руд на близповерхностных месторождениях золота и серебра // Изв. вузов. Геология и разведка. 2017. № 5. С. 40—51.
7. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротаев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург, 2001. 621 с.
8. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Спб карт. фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
9. Смолин А.П. Результаты геолого-структурных наблюдений в пределах Кочкарского гранитоидного массива. С. 980—173. // Структурная документация золоторудных месторождений. М.: Недра, 1975. 236 с.
10. Смирнов В.И. Гидротермальные месторождения. С. 234—345. Геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 698 с.
11. Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Научный мир, 2005. 320 с.
12. Тимофеевский Д.А. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. М.: Недра, 1972. 260 с.
13. Хиллс Е.Ш. Элементы структурной геологии. М.: Недра, 1967. 478 с.
14. Mutsuhisa Y. Oxygen and Carbon Isotope in Gold-bearing Hydrothermal Veins in the Kushikino mining area, Japan // Econ. Geol. 1985. V. 80. N 2. P. 283—293.

REFERENCES

1. Borodaevskiy N. I., Cheremisin A.A. The Criterion of forecast of Lode Ore on the Ore Fields of the Urals. Phoc. of CNIGRI, 1983, Issue 173, pp. 13—21. (in Russian)
2. Borodaevskiy N.I., Cheremisin A.A., Pokusayev V.I., Yanovskiy V.M. Kochkarskoe Deposit. *Geology of Gold Deposits of the USSR*. 1984, v. 1, pp. 59—95. (in Russian)
3. Volfson F.I. *Problems of studying of hydrothermal deposits*. M., Gosgeoltekhizdat Publ., 1953, 305 p. (in Russian)
4. Volfson F.I., Nekrasov E.M. *Basics of Formation of Ore Deposits*. M., Nedra Publ., 1986, 204 p. (in Russian)
5. *Gold Deposits of Russia. Appendices*. Ed. by M.M. Konstantinov). M., «Akvarel» (Publ.), 2010. 349 p. (in Russian)
6. Nekrasov E.M. The Possibility of Blind Ore Show on the Lower Level of Balei Deposit and Mechanism of Formation of Rich Ores. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2017, no 1, pp. 40—51. (in Russian)
7. Sazonov V.N., Ogorodnikov V.N., Korotayev V.A., Polenov U.A. *Gold Deposits of the Urals*. Ekaterinburg, 2001, 621 p. (in Russian)
8. Petrenko I.D. *Gold-silver formation on Kamchatka*. Petropavlovsk-Kamchatskiy, Publishing house of map factory of S. Petersburg VSEGEI (Publ.), 1999, 116 p. (in Russian)
9. Smolin A.P. *The Results of Structural Documentation of Gold Deposits*. M., Nedra Publ., 1975, 236 p. (in Russian)
10. Smirnov V.I. *Hydrothermal Deposits. Geology of Mineral Deposits*. M., Nedra Publ., 1976, 698 p. (in Russian)
11. Struzhkov S.F., Konstantinov M.M. Metallogeny of Gold and Silver Ohotsko-Chukchee Volcanic Belt. M., Scientific world (Publ), 2005, 320 p. (in Russian)
12. Timofeyevskiy D.A. *Geology and Mineralogy Golden Region (mining area) of Darasun*. M., Nedra (Publ.), 1972, 260 p. (in Russian)
13. Hills E.S. *Elements of Structural Geology*. M., Nedra Publ., 1967, 478 p. (in Russian)
14. Mutsuhisa Y. Oxygen and Carbon Isotope in Gold-bearing Hydrothermal Veins in the Kushikino mining area, Japan, *Econ. Geol*, 1985, v. 80, no 2, pp. 283—293.