

Тектонические факторы рудогенеза докембрийских террейнов на примере Приколымского поднятия и Омолонского массива (Северо-Восток Азии)

А. Н. Глухов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,
Российская Федерация, 685000, Магадан, ул. Портовая, 16

Для цитирования: Глухов, А. Н. (2019). Тектонические факторы рудогенеза докембрийских террейнов на примере Приколымского поднятия и Омолонского массива (Северо-Восток Азии). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 64 (2), 219–248.
<https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.204>

На примере Омолонского массива и Приколымского поднятия (Северо-Восток Азии) рассмотрено влияние тектоники и геодинамической эволюции докембрийских террейнов на структуру вмещаемых ими рудных полей и месторождений. Первый представляет собой жесткую структуру, консолидированную к началу неопротерозоя. Второй является составным террейном и близок по строению к складчато-надвиговому поясу. Показано, что террейны с консолидированным в раннем докембрии фундаментом на протяжении дальнейшей геологической истории оставались стабильными блоками, строение которых в последующие эпохи сжатия и растяжения принципиально не изменялось. Образовавшиеся при этом рудоконтролирующие и рудолокализирующие структуры по сути были глубинными расколами фундамента, по которым более поздние тектоно-магматические процессы распространялись далеко в глубь террейнов. Это благоприятствовало образованию крупных рудных скоплений, но сужало спектр геолого-генетических типов минерализации. Напротив, террейны с чешуйчато-надвиговым строением (в которых дорифейскими комплексами сложены отдельные тектонические пластины и которые сохраняли мобильность структуры на всем протяжении верхнего докембрия и фанерозоя) характеризовались образованием и подновлением множества полого- и крутопадающих нарушений. С одной стороны, это благоприятствовало расширению спектра генетических типов минерализации, но, с другой, способствовало диссипации рудного вещества и уменьшению вероятности образования крупных месторождений. С учетом этого сделан вывод, что наличие консолидированного кристаллического фундамента — один из важнейших факторов металлогении докембрийских террейнов. Оно определяет стиль разломной тектоники (преобладание пологих либо крутопадающих разломов), глубину проникновения рудоподводящих разломов, морфологию и условия залегания рудных тел.

Ключевые слова: террейн, рудогенез, докембрий, кристаллический фундамент, консолидированный фундамент, чешуйчато-надвиговый, разлом, рудоконтролирующий фактор.

1. Введение

Рудные месторождения образуются в результате перераспределения вещества мантии и земной коры, которое сопровождается длительной тектонической и флюидной активностью (Овчинников, 1990). Террейны продолжительного развития (начиная с архея и раннего протерозоя) могут представлять существенный интерес для понимания взаимосвязи тектогенеза и эволюции рудообразования и рудоконтролирующих структур.

В соответствии с существующими моделями (Геодинамика..., 2006; Тектоника..., 2001; Шпикерман, 1998) структура Северо-Востока Азии предстает как совокупность мезозойских орогенных поясов, которые на протяжении геологической истории взаимодействовали и между собой, и с окраиной Северо-Азиатского кратона (далее САК). Среди террейнов различной геодинамической природы здесь выделяются кратонные и миогеоклинальные, считающиеся фрагментами САК. Наиболее крупные среди них — Омолонский кратонный террейн (или Омолонский массив, ОМ) и Приколымский миогеоклинальный террейн (традиционно именуемый также Приколымским поднятием, ПК) — и стали для нас предметом изучения (рис. 1). Оба они входят в состав орогенных поясов Северо-Востока Азии пояса позднеюрско-раннемелового возраста: ПК — Яно-Колымского (Геодинамика..., 2006), ОМ — Охотско-Корякского (Горячев и др., 2017) и имеют длительную историю геологического развития: наиболее древние U—Pb-датировки комплексов первого составляют 2,4 млрд лет (Щербакова и др., 1988), второго — 3,4 млрд лет (Бибикина и др., 1978). Рудные концентрации здесь формировались в течение длительного времени и стали результатом широкого спектра породо- и рудообразующих процессов.

Как известно, рудообразование контролируется целым рядом факторов, среди которых выделяются литологические, структурные, геохимические и пр. Академик А. Д. Щеглов сформулировал фундаментальное положение металлогении, констатирующее невозможность рассмотрения генезиса месторождений в отрыве от тектоники: *«определенные типы месторождений проявляются при определенных тектонических режимах в определенных типах тектонических структур»* (Щеглов, 1989, с. 10). Поэтому при рассмотрении рудогенеза в региональном масштабе на первый план выдвигается именно тектонический фактор.

Анализу соотношений процессов текто- и рудогенеза посвящены, в частности, исследования Ф. И. Вольфсона и П. Д. Яковлева (Вольфсон и Яковлев, 1975), при создании классификации структур рудных полей и месторождений констатировавших тесную корреляцию элементов тектоники рудных полей и региональных элементов земной коры. Развитие тектонофизических исследований позволило также установить взаимосвязи деформаций горных пород, слагаемых ими массивов и структур различных масштабов. Один из важнейших принципов тектонофизики — принцип подобия (Гзовский, 1975) — предусматривает подчиненность деформаций объектов разного ранга единым закономерностям. При тектонофизическом моделировании такими объектами являются, с одной стороны, природная тектоническая структура, а с другой — ее лабораторная модель; в соответствии с целями нашего исследования это региональная тектоническая структура и рудное поле. С принципом подобия перекликается так называемый геогенетический закон эволюционного развития минерального мира, определяющий *«подобие последовательности образования*

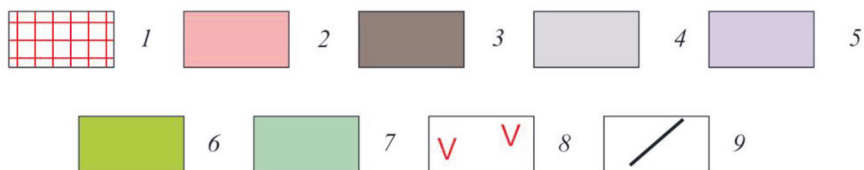
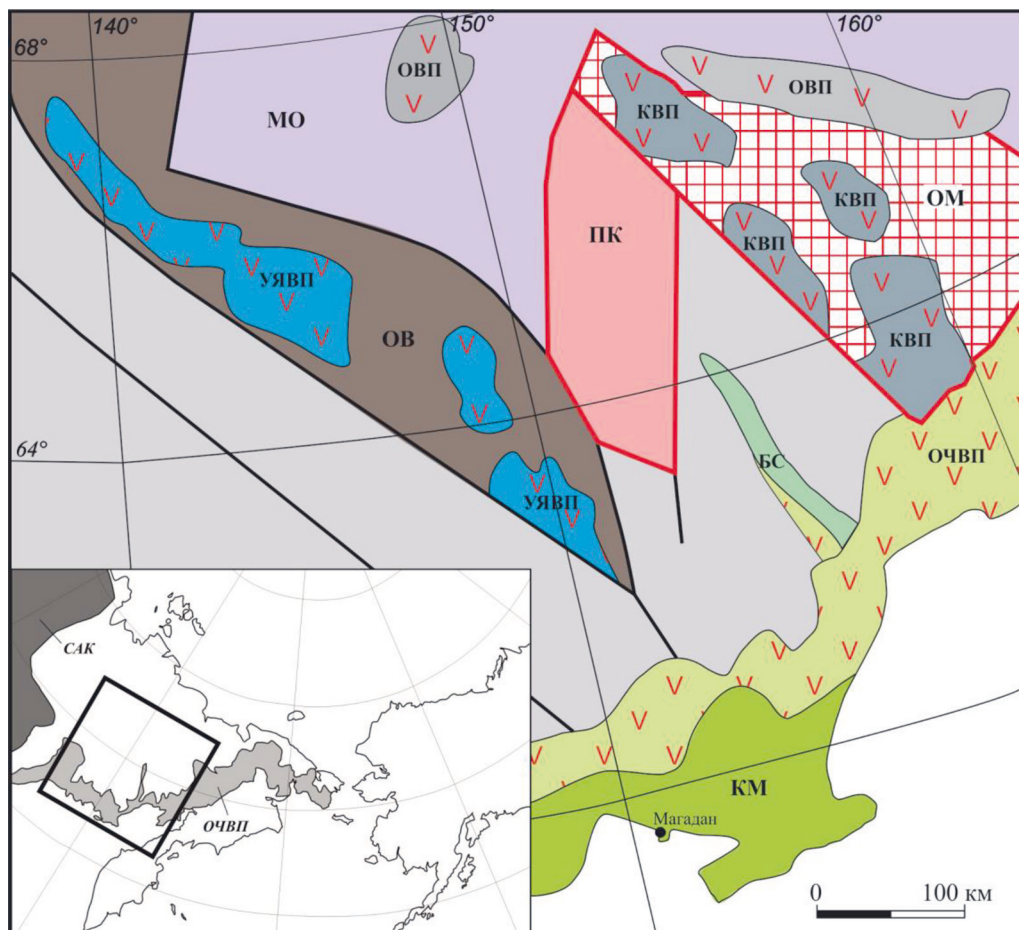


Рис. 1. Тектоническая схема Колымо-Охотского региона Северо-Востока Азии. По (Шпикерман, 1998), с изменениями:

1 — кратонные террейны (ОМ — Омолонский), 2 и 3 — террейны пассивной континентальной окраины (ПК — Приколымский, ОВ — Омулеский), 4 — Яно-Колымский террейн — деформированная пассивная окраина Северо-Азиатского кратона, 5 — аккрецированные океанические террейны (МО — Момский), 6 — аккрецированные островодужные террейны (КМ — Кони-Мургалский), 7 — рифтогенные прогибы (БС — Балыгычано-Сугойский), 8 — вулканогенные пояса (КВП — Кедонский, УЯВП — Уяндино-Ясачненский, ОВП — Олойский, ОЧВП — Охотско-Чукотский), 9 — разломы; на врезке: САК.

минеральных объектов в различных масштабах времени — от общей истории Земли до относительно кратковременного развития индивидов» (Рундквист и Рундквист, 1994, с. 594). То есть процессы, факторы и закономерности рудогенеза, установленные для тектонических и металлогенических таксонов высоких рангов, будут наблюдаться и в ранге месторождения и рудного тела. Таким образом, структура рудных полей и морфология рудных тел определяются спецификой тектонической природы и геодинамического развития региональных структур.

В данном контексте металлогения докембрийских террейнов изучена весьма слабо. Среди публикаций, посвященных Северо-Востоку Азии, можно отметить лишь работы (Сидоров, 1998; Сидоров и др., 2008; 2012; Сидоров и Волков, 2015), в которых развиваются представления о тождественности факторов рудогенеза докембрийских кратонных террейнов и террейнов пассивной континентальной окраины.

Таким образом, рассмотрение особенностей структуры и морфологии рудных объектов и закономерностей их пространственного размещения в общем контексте тектоники и геодинамической эволюции докембрийских террейнов позволит обоснованно судить о факторах рудоконтроля и о влиянии на них геодинамических условий. В прикладном аспекте это может способствовать пониманию структуры рудных полей ОМ и ПК и, таким образом, созданию научной базы для прогнозирования месторождений и их поисков. Настоящая статья основана на фактическом материале и результатах его обработки и интерпретации, собранных автором при проведении полевых и камеральных работ на Приколымье в 2007–2011 гг. и Омолонском массиве в 2015–2017 гг.

2. Приколымский террейн

Наиболее древние породы ПК (рис. 2) — амфиболиты, плагиогнейсы, метабазиты и перидотиты с Pb—Pb-возрастом 2,06–2,36 млрд лет (Беус и Миледин, 1990; Щербакова и др., 1988), слагающие тектоническую пластину, приуроченную к зоне регионального надвига. По составу они близки к офиолитам и могут быть обдуцированными фрагментами океанической коры (Шпикерман, 1998). С ними ассоциируют гнейсо-граниты с Pb—Pb-возрастом 1,70–1,90 млрд лет (Беус и Миледин, 1990). Близкий U—Pb-возраст (1710 ± 21 млн лет) имеют риолиты, ранее считавшиеся верхнерифейскими (Khudoley et al., 2006). Региональный метаморфизм раннепротерозойских пород происходил в условиях амфиболитовой фации (Гринберг и др., 1981; Ткаченко и Щербакова, 1991). Комплексы верхнего протерозоя сложены песчаниками, филлитами, карбонатными породами и, возможно, эффузивами контрастного риолит-базальтового состава (Ткаченко, 1992). Широко развит динамотермальный метаморфизм зеленосланцевой фации, имеющий среди рифей-вендских комплексов прогрессивный характер, а по отношению к раннепротерозойским выступающий как диафорез (Ткаченко и Щербакова, 1991). Докембрийские образования перекрыты терригенными, вулканогенно-осадочными и карбонатными породами палеозоя — мезозоя. Интрузивные комплексы представлены мелкими телами девонских и меловых гранитоидов, а также дайками позднемеловых базитов. Состав вещественных комплексов отражает существовавшую здесь начиная с рифея обстановку пассивной континентальной окраины (Ткаченко, 1992; Шпикерман, 1998) с циклически

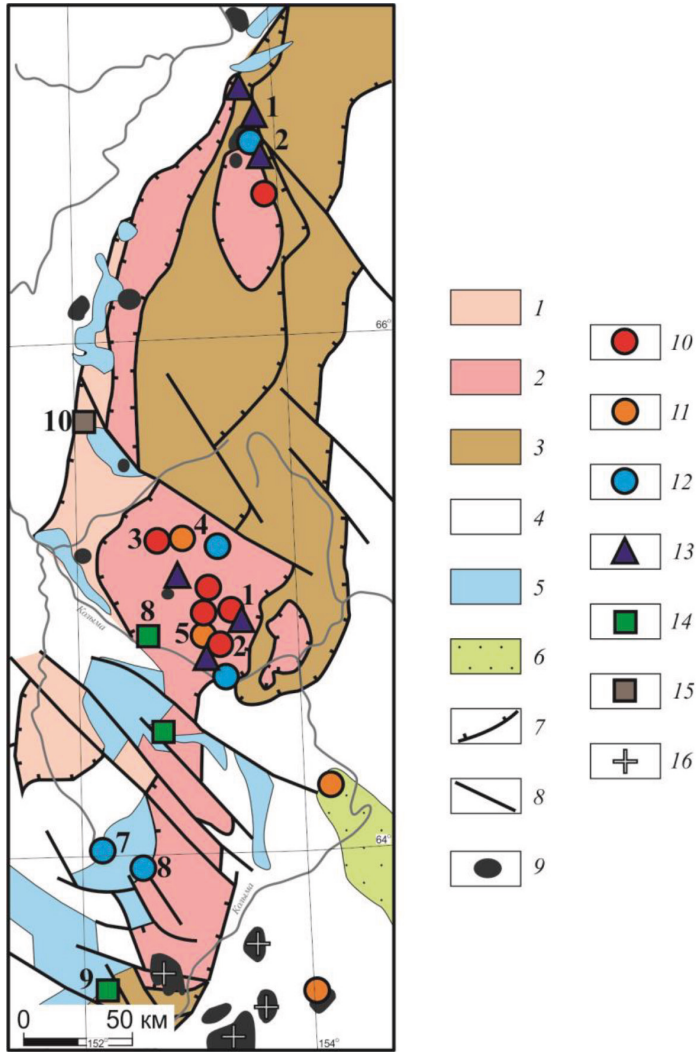


Рис. 2. Тектоно-минерогенетическая схема Приколымского террейна и смежных структур (по работе (Шпикерман, 1998), с изменениями):

1–3 — Приколымский террейн, субтеррейны: 1 — Спиридоновский, 2 — Шаманихинский, 3 — Ярхондонский; 4 — прочие террейны; 5 — Уяндино-Ясачненский вулканогенный пояс; 6 — Балыгычано-Сугойский рифтогенный прогиб; 7 — надвиги; 8 — крутопадающие разломы; 9 — позднепалеозойские и мезозойские гранитоиды; 10–16 — месторождения и рудопроявления различных геолого-генетических типов: 10 — мезотермальные жильные и штокверковые (Au); 11 — эпитеермальные жильные и штокверковые (Au–Ag); 12 — штокверковые и жильные (Cu–Pb–Zn); 13 — стратиформные (Pb–Zn); 14 — стратиформные (Cu); 15 — стратиформные (Fe), 16 — жильные и штокверковые (Sn);

1–10 — упомянутые в тексте объекты: 1 — Надежда и Надежда-3; 2 — Тый-Юрье; 3 — Сохагиное; 4 — Тимша; 5 — Темное; 6 — Невидимка; 7 — Опыт; 8 — Ороек; 9 — Зеленый Пласт; 10 — Победа

проявленным (рифей, кембрий, средний палеозой) рифтогенезом (Булгакова, 1991; Ткаченко, 1992), изредка осложнявшейся субдукционными (Трунилина и др., 2004) и коллизионными (Горячев, 1998; Ткаченко и Щербакова, 1991) событиями.

В структурном отношении ПК представляет собой гигантский аллохтон, образованный пакетами надвиговых чешуй (Тектоника..., 2001; Хаин и др., 2009; Шпикерман, 1998) центриклинального падения. С формированием метаморфического комплекса связаны надвиги мощностью до первых сотен метров, представляющие собой зоны рассланцевания и смятия нижнепротерозойских и рифейско-вендских пород. Структурный рисунок палеозойских комплексов определяют надвиговые зоны милонитизации и катаклаза мощностью в десятки метров; единый парагенезис с ними образуют пологие асимметричные складки. Структурно-тектонифизические исследования (Глухов и др., 2012; Третьяков, 2016) позволили выделить четыре деформационных этапа, которые коррелируют с геодинамическими обстановками. Первый характеризовался развитием надвиговых зон и является синметаморфическим. Динамотермальный метаморфизм зеленосланцевой фации на ПК в последние годы традиционно датируется рифеем (Ткаченко, 1992; Ткаченко и Щербакова, 1991; Шпикерман, 1998). Однако установлено наложение динамометаморфических минеральных и структурных парагенезисов также на вендские породы (Глухов и др., 2012). Таким образом, есть основание выделять крупный этап сжатия, возрастные границы которого находятся в интервале от позднего рифея до начала раннего палеозоя. Деформации на этом этапе могли происходить и в ходе позднерифейской аккреции Западного и Восточного блоков ПК (Ткаченко и Щербакова, 1991), и при кратковременной коллизии САК и Северо-Американского кратона (Тектоника..., 2001). На следующем, позднепалеозойском этапе разворот векторов деформации отразил обособление ПК от окраины САК вследствие прогрессирующего рифтогенеза (Булгакова, 1991; Орлов и др., 2002; Третьяков, 2004). Такая геодинамическая интерпретация согласуется с палеомагнитными данными (Геодинамика..., 2006; Колесов, 2003). Кардинальная перестройка поля тектонических напряжений в результате коллизионных процессов, переход к условиям общего растяжения на третьем этапе деформаций, соответствующем раннему мелу, — все это отразилось в формировании гранитоидов и зон кварцевого прожилкования, в том числе золотоносных (Глухов, 2013; Протопопов, 2010). Северо-западная ориентировка вектора сжатия (Глухов и др., 2012; Третьяков, 2016) позволяет увязать данный этап с региональным тангенциальным сжатием в результате косоугольной коллизии ПК и ОМ (Горячев, 1998; Шпикерман, 1998). Поворот вектора сжатия до субмеридионального направления отразил проявление эпиорогенного рифтогенеза, в частности формирование Омсукчанской впадины (Геодинамика..., 2006). В структуре ПК наиболее древние раннепротерозойские комплексы дислоцированы и метаморфизованы совместно с рифейско-вендскими. Это обстоятельство позволяет выделять здесь комплексы фундамента и чехла лишь с известной долей условности (как это позволяет «Международный тектонический словарь», 1991) и принципиально отличает ПК от кратонных террейнов, например от ОМ. Все этапы формирования тектонической структуры Приколымья четко параллелизуются с главными этапами развития северо-восточной окраины САК — позднепалеозойским и мезозойским.

Вещественные комплексы ПК вмещают разнообразные по составу рудные проявления (см. рис. 2, табл. 1). Достаточно широко распространены жильные, шток-

верковые и стратиформные медные и полиметаллические рудопроявления, а также стратиформные железные руды. Наиболее многочисленные месторождения и рудопроявления золота, сопровождающиеся россыпями, принадлежат к *золото-редкометалльной формации* и сгруппированы в два рудно-россыпных района: 1) Шаманихо-Столбовский и 2) Каменский. В минерагеническом отношении они входят в состав синаккреционного Яно-Колымского мегапояса (Горячев, 1998). На всех них рудовмещающими структурами являются надвиги, разделяющие литологически разнородные тектонические пластины. Пример — месторождение «Надежда», рудное поле которого сложено породами рифейскими риолитами и перекрывающими их песчаниками венда. Рудные тела представлены пологими линзовидно-пластообразными зонами сульфидно-кварцевого прожилкования (Глухов, 2013; Глухов и др., 2016). Аналогичное геологическое строение имеют месторождения Тый-Юрье и Сохатиное (Протопопов, 1994).

Золото-серебряное оруденение представлено пологими залежами брекчированных и окварцованных рифейских известняков и филлитов (рудопроявления «Темное», «Тимша») с акантитом, агвиларитом, киноварью, электрумом, кюстелитом.

Медно-порфировая формация Приколымья представлена в первую очередь рудопроявлениями «Невидимка» и «Опыт» (Шпикерман, 1998), образующими Праводуксундинский рудный узел (Глухов и Тюкова, 2013). На первом из них штокверки сульфидно-серицит-кварцевого состава, сульфидно-карбонат-кварцевые жилы и залежи скарнов окружены ореолами серицит-хлорит-кварцевых пропилитов. Рудопроявление «Опыт» представлено пологими жильными зонами сульфидно-карбонат-кварцевого состава.

Известные до настоящего времени проявления *стратиформной свинцово-цинковой минерализации в карбонатных толщах* сосредоточены на восточном фланге ПК и объединены в ярхонский рудный комплекс (Шпикерман, 1998). Нами изучена вмещаемая рифейскими карбонатными породами минерализация рудопроявления «Надежда-3» (Глухов и Фомина, 2015). Рудовмещающими здесь являются рифейские мраморизованные известняки и доломиты. Минерализация представлена пологими залежами интенсивно окварцованных тонкослоистых доломитов, содержащих послойную вкрапленность сульфидов.

Стратиформная медная минерализация широко распространена среди рифейских терригенно-карбонатных пород. Известны три рудопроявления и более двух десятков пунктов минерализации, объединенные в работе (Шпикерман, 1998) в Ороевскую металлогеническую зону. На рудопроявлении «Ороек» медесодержащие горизонты мощностью до 50 м располагаются на двух стратиграфических уровнях вблизи границ красно- и сероцветных пачек. Они прослеживаются по простиранию более чем на 4,5 км. На рудопроявлении «Зеленый пласт» меденосная залежь мощностью 1–5 м приурочена к аллохтону рифейских углеродистых филлитов, надвинутому на девонскую карбонатную толщу (Шпикерман, 1998).

Стратиформные гематитовые руды на Приколымье представлены, в первую очередь, месторождением Победа. Здесь в лежачем крыле опрокинутой антиклинали, сложенном пестроцветными алевролитами, доломитами и песчаниками расположена залежь гематит-мартитовых руд мощностью 3–20 м, которая прослеживается на 18 км (Шпикерман, 1998). Среди пород рифейского терригенно-карбонат-

Таблица 1. Сравнительная структурно-морфологическая типизация оруденения Прикольмского и Омолонского террейнов

Месторождение, рудопроявление	Геолого-генетический тип	Морфология рудных тел	Геометрические параметры рудных тел				Вещающие СВК	
			Наклон к горизонту, °	Максимальные размеры, м		Состав	Залегание	
				Длина	Мощность			Вертикальная протяженность
Омолонский террейн								
Кубака	Золото-серебряный	Жилы, жильно-прожилковые зоны	75–90	500–1000	3–15	250	Туфы андезитов, дацитов	Пологое
Биржачан	«	То же	65–85	100–1800	1–50	350	Игнимбриты и туфы риодацитов	«
Бургали	«	«	60–90	150–350	1–5	180	—	«
Елочка	«	«	60–85	50–180	1–7	140	Лавы и туфы андезитов	«
Ольча	«	«	65–90	100–650	2–4	270	—	«
Нодди	Золото-редкометалльный	Жилы, жильно-прожилковые зоны	70–90	100–200	1,5–20	—	Гнейсы, амфиболиты, метабазиты	Крутое
Орлиное	Золото-медно-порфировый	«	70–90	100–500	<2,5	<100	Гнейсы	«
Табор	Медно-порфировый	Штокверки	70–90	500×200	500×200	<100	Гранодиориты, диоритовы порфириты	«
Скарновое	Магнетитовые скарны	Залежи	50–90	300–800	10–100	—	Известняки, граносиениты	Пологое, кругое

Верхне-Омолонское	Железистые кварциты	«	60–80	400–450	20–80	750	Гнейсы, амфиболиты	Крутое
Прикомльямский террейн								
Надежда	Золото-редкометалльный	Прожилковые зоны	5–20	400–700	2–5	150	Песчаники, риолиты	Пологое
Тый-Юрье	Золото-редкометалльный	«	15–25	500	1–5	60	Риолиты	«
Сохатинное	Золото-редкометалльный	Прожилковые зоны, залежи	30–40	250	1–5	100	Кристаллические сланцы	«
Невидимка	Медно-порфировый	Штокверки, залежи	—	300–500	20–150	—	Гранодиориты, алевролиты	Пологое, крутое
Надежда-3	Стратиформный Pb—Zn в карбонатных толщах	Залежь	0–10	—	2–5	<30	Доломиты	Пологое
Ороек	Медистые песчаники	«	20–40	>3000	1–10	>100	Филлиты	От пологого до крутого — система складок
Победа	Стратиформные гематитовые руды	«	10–30	>5000	3–20	50	Доломиты, алевролиты, песчаники	Пологое

ного комплекса широко развиты прослои, обогащенные гематитом. Как правило, они приурочены к контактам сланцев и карбонатных пород.

Стратиформные залежи вольфрамовых руд «альпийского» типа (тип «Фельберталь», по А. В. Ковалеву (Основы..., 1995)) прогнозируются на западе ПК. Здесь нижнепротерозойские амфиболиты, плагиогнейсы и гнейсо-граниты сопровождаются обширными шлиховыми ореолами рассеяния шеелита.

Золотосодержащие конгломераты известны в основаниях разрезов девона и верхней юры (Литвиненко, 2007). Слабо окатанное золото крупностью менее 0,25 мм в ассоциации с пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом, молибденитом присутствует как в гальке кварца, так и в цементе. Его источником, вероятно, послужило гипотетическое *золото-кварцевое оруденение*, связанное с позднерифейским либо раннепалеозойским орогенезом.

3. Омолонский кратонный террейн

В структуре ОМ выделяются три яруса (рис. 3):

- 1) дорифейский кристаллический фундамент;
- 2) рифей-палеозойский чехол, сложенный терригенными и карбонатными толщами;
- 3) мезозойский ярус, сложенный вулканогенными и осадочными комплексами.

На них наложены вулканы Кедонского (КВП), Олойского (ОВП) и Охотско-Чукотского (ОЧВП) окраинно-континентальных поясов. Стратифицированные комплексы прорывают крупные батолиты, относимые к двум интрузивным комплексам: абкитскому (силур) и булунскому (ранний карбон).

Раннедокембрийским метаморфическим образованиям ОМ посвящена достаточно обширная литература, содержательный обзор которой приведен в монографии (Шевченко, 2006). Наиболее древние породы представлены плагиогнейсами и амфиболитами ноддинского комплекса с абсолютными U—Pb- и Pb—Pb-возрастами 2,96–3,40 млрд лет (Akinin and Zhulanova, 2016; Бибилова, 1989; Бибилова и др., 1978; Шевченко, 2006); гнейсы, амфиболиты и кристаллические сланцы ауланджинского комплекса имеют U—Pb-возраст 1,99–2,25 млрд лет (Шевченко, 2006). Их перекрывают раннепротерозойские (U—Pb-возраст 1,91–2,03 млрд лет (Шевченко, 2006)) метабазиты батикского комплекса, внедрение которых отразилось в изотопных датировках цирконов из архейских комплексов (Akinin and Zhulanova, 2016). Завершение формирования дорифейского кристаллического фундамента ОМ (т. е. его консолидация), маркируется гранитизацией (Rb—Sr-возраст гранитизированных гнейсов 1622 ± 20 млн лет (Котляр и др., 2001)), внедрением метагабброидов стрелкинского комплекса (Rb—Sr-возраст 1479 ± 31 млн лет (Шевченко, 2006)) и формированием железистых кварцитов (Rb—Sr-возраст 1150 ± 78 млн лет (Котляр и др., 2001)), галька которых встречается в рифейских конгломератах (Горячев и др., 2017).

Чехол ОМ слагают шельфовые терригенно-карбонатные толщи рифея — нижнего палеозоя и вулканогенно-терригенно-карбонатные отложения, сформированные в интервале с верхнего палеозоя по ранний мезозой. Его специфика — присутствие нижнекембрийского рифтогенного вулканогенно-терригенного комплекса,

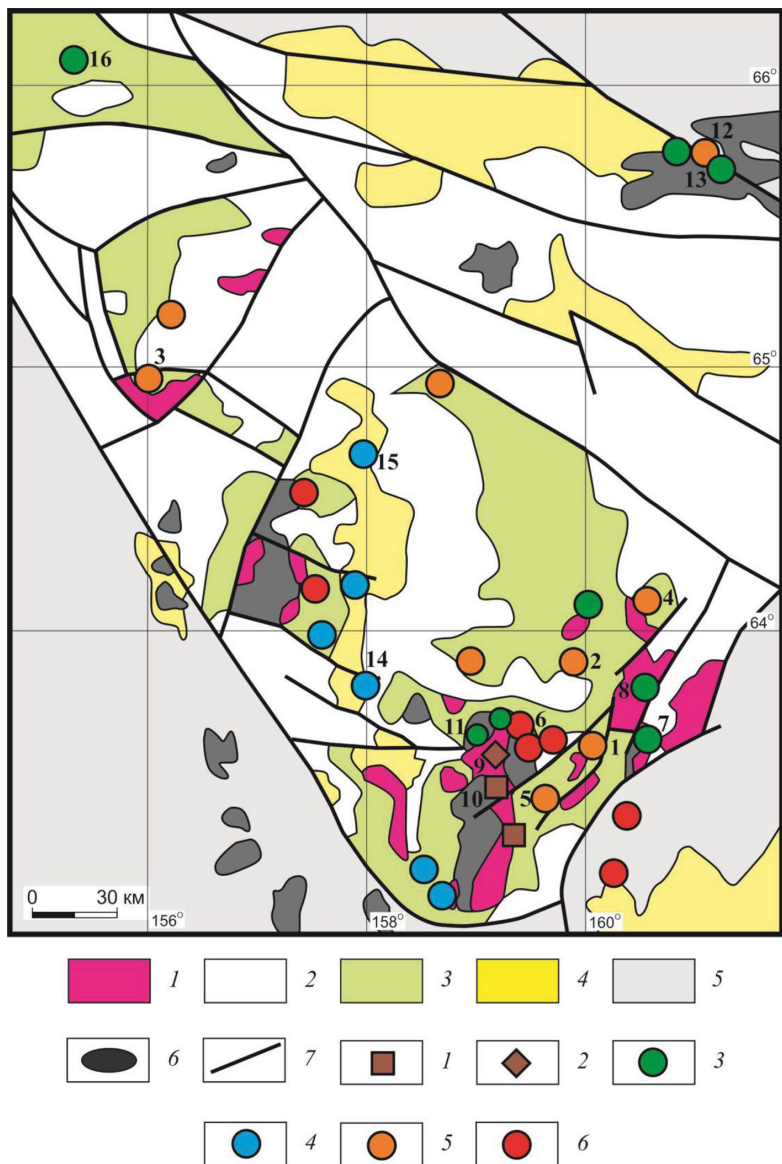


Рис. 3. Тектоно-минерагеническая схема Омолонского террейна (по работе (Гагиева и Жуланова, 2011), с упрощениями и дополнениями):

1 — дорифейский кристаллический фундамент; 2 — рифейско-среднеюрский и верхнеюрско-меловой структурный ярусы; 3–5 — вулканогенные пояса (3 — Кедонский, 4 — Охотско-Чукотский и Олойский); 5 — террейны складчатого обрамления (КН — Куларо-Нерский, ВЛ — Вилигинский, ЕР — Еропольский; 6 — гранитоиды; 7 — разломы; 8–13 — месторождения и рудопроявления различных геолого-генетических типов: 8 — железистые кварциты; 9 — железорудные скарны; 10 — медно-, золото- и молибден-порфировые; 11 — серебро-полиметаллические; 12 — золото-серебряные; 13 — золото-редкометалльные; 1–15 — месторождения и проявления, упомянутые в тексте и таблицах: 1 — Кубака; 2 — Биркачан; 3 — Ольча; 4 — Бургали; 5 — Елочка; 6 — Нодди; 7 — Табор; 8 — Орлиное; 9 — Скарновое; 10 — Верхне-Омолонское; 11 — Хрустальное; 12 — Медь-Гора; 13 — Мастах; 14 — Седое; 15 — Вулкан; 16 — Ягодное

включающего в себя субщелочные базиты. Аналогичные образования известны также и на ПК, где они характеризуются K—Ar-возрастом 546 ± 26 млн лет (Геодинамика..., 2001). Индикатором стабильной плитной обстановки, существовавшей на Ом в интервале от позднего кембрия до силура, стали крупные интрузии сиенитов с абсолютным Rb—Sr-возрастом 537 ± 27 млн лет (Горячев и др., 2017). Коллизионными гранитоидами (Rb—Sr-возраст — от 420 ± 14 млн до 425 ± 160 млн лет (Горячев и др., 2017)) сложены крупные батолитоподобные массивы. Известково-щелочные магматические ассоциации надсубдукционного КВП формировались в период от раннего девона (U—Pb-возраст вулканитов из основания которого составляет $400,5 \pm 4,4$ млн лет (Гагиева и Жуланова, 2011)) до раннего карбона (Rb—Sr-возраст гранитоидов — 321 ± 8 млн лет (Горячев и др., 2017)). Позднемезозойские надсубдукционные комплексы ОВП и ОЧВП местами далеко проникают в пределы Ом (Конгинская зона). Позднемезозойские щелочные габброиды и сиениты имеют рифтогенную природу (Дылевский, 1997).

Строение дорифейского фундамента Ом определяют моноклинали; локально реконструируются гранито-гнейсовые купола (Шевченко, 2006). По геофизическим данным все основные неоднородности его внутреннего строения имеют вертикальные или крутопадающие ограничения (Ващилов и др., 1999). Породы рифейско-среднеюрского чехла образуют пологие моноклинали и брахисинклинали. Вулканиты КВП слагают разнопорядковые отрицательные и положительные вулканоструктуры диаметром 10–30 км. Деформационную структуру определяют крутопадающие разломы взбросо-сдвиговой кинематики. К примеру, Верхне-Омолонский глубинный разлом образован крутопадающими ($30\text{--}75^\circ$) взбросами, образующими зону протяженностью более 100 км и шириной до 15 км; суммарная амплитуда вертикального перемещения по ним достигает 2 км (Терехов, 1979). Знак вертикальных движений по разлому неоднократно менялся на различных этапах геодинамической эволюции; помимо этого, присутствовали левосторонние сдвиговые перемещения. Взбросы и надвиги известны также в южной и западной частях Ом, где по ним пермские толщи надвинуты на отложения мезозоя. Другие разломы северо-восточного простирания представляют собой крутопадающие сбросы и сдвиги.

Тектонофизические исследования на Ом не проводились, поэтому постараемся реконструировать его деформационную историю по косвенным данным и сопоставить ее с геодинамическими обстановками. Всего выделяются пять этапов: дорифейский, рифей-раннепалеозойский, среднепалеозойский, позднепалеозойско-мезозойский, позднемезозойский. На дорифейский этап приходится становление и консолидация кристаллического фундамента в результате гранитизации исходного субстрата (Жуланова, 1990). Аккреция Ом к окраине САК в позднем палеопротерозое (Смелов и Тимофеев, 2003) сопровождалась динамометаморфизмом (Гагиева, 2011). Индикаторами раннепалеозойского рифтогенеза стали субщелочные базиты и сиениты. Обратим внимание на Rb—Sr-датировки галек риолитов из базального горизонта в основании нижнекембрийской сезамской свиты — 1,04 млрд и 1,43 млрд лет (Пепеляев, 1974). Единственные известные на СВ кислые вулканиты такого возраста располагаются на ПК, что подтверждает общность Ом и ПК в кембрийское время. Внутриплитные процессы на ПК и Ом могли быть связаны с раннекембрийским рифтогенезом на границе САК и Северо-Американского

кратона (Khudoley et al., 2013; Kiselev et al., 2016). В силуре коллизия ОМ с другими жесткими глыбами при закрытии океана Япетус (Горячев и др., 2017) сопровождалась сжатием, формированием гранитоидов и золото-редкометалльных жил (Горячев и др., 2017). Среднепалеозойский этап характеризовался субдукционным сжатием, связанным с КВП. Релаксация субдукционного стресса привела к растяжению с кальдерообразованием и формированием порфировой и эпитермальной минерализации. Позднепалеозойско-мезозойский этап характеризовался обстановкой растяжения и «рассеянного рифтогенеза» (Булгакова, 1991). Его завершающей фазой стало формирование интрузий раннемеловых щелочных габброидов, сиенитов и гранитов. Аккреционно-коллизионные события на рубеже поздней юры — раннего мела привели к развороту ОМ по часовой стрелке (Петрищевский, 2015) и его косою коллизии с ПК (Горячев, 1998; Протопопов, 1997; Шпикерман, 1998). Очередной этап субдукционного сжатия, начавшийся на северо-восточной окраине террейна в поздней юре с формированием ОВП (Геодинамика..., 2006), сменился растяжением в тылу ОЧВП, сопровождавшимся формированием трансформных расколов фундамента (так называемых зон тектоно-магматической активизации (ТМА)), по работе (Кузнецов, 2006)).

Характер тектонических деформаций, как и состав вещественных комплексов отражают стабильную, консолидированную структуру террейна, сформировавшуюся к началу рифея. Сменявшие друг друга эпохи сжатия и растяжения при этом не приводили к существенным деформациям, изменявшим структурный рисунок; они лишь способствовали формированию субвертикальных расколов кристаллического фундамента, иногда глубоко проникавших вглубь массива.

Вещественные комплексы ОМ вмещают главным образом жильно-прожилковое оруденение (рис. 3, табл. 1). Наиболее многочисленны и изучены золоторудные месторождения и проявления, сформировавшиеся в две металлогенические эпохи: средне-позднепалеозойскую и позднемезозойскую.

Палеозойские *эпитермальные золото-серебряные месторождения* и рудопроявления сгруппированы в два рудных района (Кубакинский, Кедонский) и один изолированный рудный узел (Хебикенджинский). Достаточно полно охарактеризованы в литературе, посвященной месторождениям Кубака (Степанов и Шишакова, 1994; Черняев и Черняева, 2001) и Ольча (Савва и Шахтыров, 2011; Шахтыров, 1996). Рудные тела представлены крутопадающими адуляр-карбонат-кварцевыми жилами, которые по вертикали сменяются жильно-прожилковыми зонами. Возраст руд позднекарбонный, на что указывают многочисленные Rb—Sr- и K—Ar-датировки, а также геологические данные (Котляр, 2000; Черняев и Черняева, 2001).

Палеозойская мезотермальная *золото-редкометалльная минерализация* образует Рассошинский рудный район, Абкитский, Джугаджакский и Ольдянинский рудные узлы. Рудопроявления Нодди, Джугаджак, Гриша и Пробное (Горячев и др., 2017) располагаются в эндоконтактной зоне гранитоидных плутонов анмандыканского и абкитского комплексов. Они представлены крутопадающими жилами и прожилково-жильными зонами сульфидно-карбонат-кварцевого состава. С золото-редкометалльной минерализацией пространственно совмещена *докембрийская золото-кварцевая минерализация* с абсолютным Rb—Sr-возрастом 1148 ± 23 млн лет (Константинов и др., 2001). Некоторые месторождения и рудопроявления золота сопровождаются его россыпями.

Медно-порфировые рудопрооявления, связанные с палеозойскими гранитоидами, руппируются в четыре рудных узла: Ягоднинский, Авландинский, Захаренковский и Хрустальный. В Ягоднинском рудном узле к интрузиям гранит-порфиров и риолитов приурочены зоны кварцевых и сульфидно-кварцевых прожилков с медной минерализацией (Кораго и Лычагин, 1977). В Авландинском узле с дайками и штоками кварцевых диоритовых порфиров ассоциируют зонально построенные ореолы пропилитов и аргиллизитов со вкрапленностью пирита, халькопирита, молибденита. Иногда они вмещают крутопадающие жилы и прожилки сульфидно-карбонатно-кварцевого состава с пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, аргентитом. С меденосным штокверком ассоциируют золотоносные сульфидно-кварцевые жилы рудопрооявления «Орлиное». На рудопрооявлении Хрустальное штокверк с медно-молибденовой минерализацией вмещается гранитоидами и гнейсами.

С раннемеловыми интрузиями ОВП связана медно-порфировая минерализация Бургачанского рудного района. Здесь в экзоконтакте гранитоидного массива локализованы медные рудопрооявления прожилково-вкрапленного и скарнового (Медь-Гора) и жильного (Мастах) типов (Кузнецов, 2005).

Многочисленные *серебро-полиметаллические рудопрооявления* сосредоточены в пределах Конгинской зоны ОЧВП, которая рассекает ОМ в меридиональном направлении (Кузнецов, 2006). Они контролируются субвертикальными разломами, ассоциируют с меловыми гранитоидами и представлены сульфидно-карбонатными жилами и прожилками («Вулкан»), а также оруденелыми скарнами («Седое»). В ордовикских известняках крайне редко наблюдается тонкая вкрапленность галенита и клейофана, которая в работе (Савва и Ведерников, 1989) относится к *стратиформному полиметаллическому типу*.

По данным работы (Шпикерман, 1998), во всех выступлениях дорифейского кристаллического фундамента ОМ присутствуют *железистые кварциты*. Наиболее изучено Верхне-Омолонское рудопрооявление (Фадеев, 1975). Оно объединяет около 20 крутопадающих тел, залегающих среди плагиогнейсов и амфиболитов. Основная залежь протягивается на 3,5 км при мощности 80–250 м. Генезис оруденения метасоматический (Жуланова, 1990). Rb—Sr-возраст железистых кварцитов 1150 ± 78 млн лет (Котляр и др., 2001). Дорифейский возраст подтверждается присутствием гальки магнетитовых кварцитов в рифейских конгломератах (Горячев и др., 2017).

4. Обсуждение результатов

В табл. 1 резюмированы сведения о структуре и морфологии рудных тел месторождений и проявлений ПК и ОМ. Хорошо видны различия между этими двумя региональными структурами: для ПК типичны пологие рудовмещающие структуры (рис. 4) и широко развито стратиформное оруденение; в ОМ, наоборот, развиты исключительно крутопадающие структуры (рис. 5), местами значительной вертикальной протяженности, а стратиформное оруденение редуцировано. Объяснить это, по нашему мнению, можно принципиальными различиями тектонической структуры и геодинамической природы этих террейнов.

В пределах ПК в среднем рифее образовались пластовые железные руды; со средне-позднерифейским рифтогенезом связано формирование здесь медистых

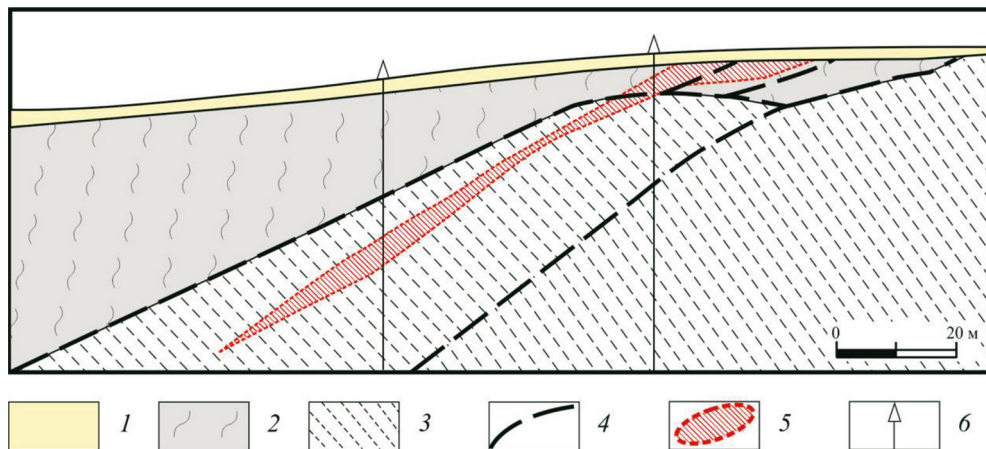


Рис. 4. Морфология и условия залегания рудного тела рудопроявления «Сохатиное» (ПК), по работе (Протопопов, 1994), с упрощениями:

1 — четвертичные аллювиальные отложения; 2 и 3 — сохатинская толща нижнего протерозоя: 2 — полевошпат-мусковит-кварцевые сланцы средней подтолщи, 3 — эпидот-альбит-полевошпатовые сланцы верхней подтолщи; 4 — надвиги; 5 — рудное тело; 6 — скважины

песчаников. Ассоциировавшее с позднерифейско-раннепалеозойской аккрецией оруденение (золото-кварцевое и метаморфогенное) было сэродировано и послужило источником золотосодержащих конгломератов девона и верхней юры, а также шлиховых ореолов шеелита. Среди среднепалеозойских карбонатных толщ в ходе рифтогенеза формировались стратиформные Pb—Zn-руды. С островодужными известково-щелочными магматическими ассоциациями пояса УЯВП связаны медно-порфировые, Pb—Zn- и Au—Ag-рудопроявления. Наиболее многочисленные месторождения и рудопроявления золото-редкометалльного типа принадлежат синаккреционному Яно-Колымскому металлогеническому мегапоюсу.

Коллизионно-аккреционная природа структуры ПК позволяет рассматривать его в качестве близкого аналога складчато-надвиговых поясов, таких как Енисейский кряж или Кыллахская и Сетте-Дабанская зоны Верхоянского пояса, с которыми оно вполне сопоставимо и по пространственным параметрам, и по составу и возрасту слагающих комплексов и геологической истории (Крылов и Лиханов, 2017; Ножкин и др., 2013; Тектоника..., 2001). Подобно им, металлогения Приколывья также характеризуется широким развитием и стратиформного, и жильно-прожилкового оруденения различных металлов, приуроченного к различным этапам геологического развития.

Металлогеническая эволюция ОМ началась на рубеже архея и протерозоя, когда в связи с гранитизацией формировались залежи железистых кварцитов. С этими же процессами было связано формирование проблематичной золото-кварцевой минерализации. Среднепалеозойские тектогенез и гранитоидный магматизм привели к образованию золото-редкометалльного оруденения, а субдукционные вулканоплутонические процессы продуцировали медно-порфировую и генетически связанные с ней полиметаллическую, молибденовую и скарново-железорудную минерализацию, а также многочисленные эпитермальные золото-серебряные

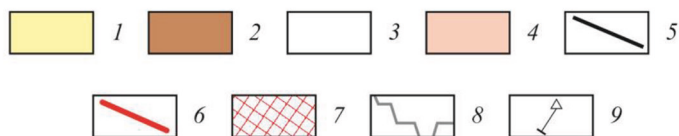
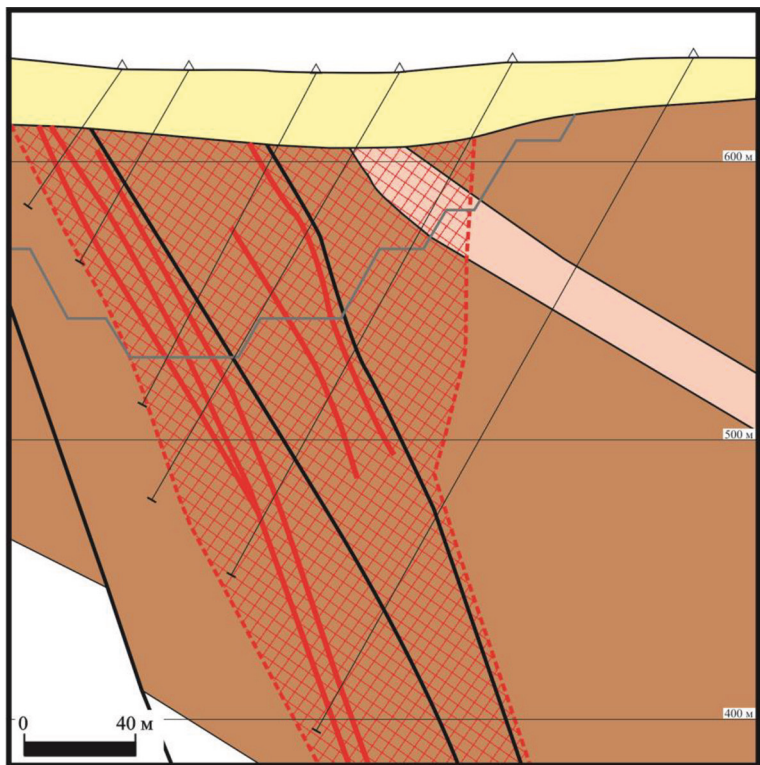


Рис. 5. Схематический геологический разрез месторождения Биркачан, Омолонский террейн (по Егорову (2009), не опубликовано), с изменениями и дополнениями):

1 — рыхлые четвертичные озерно-аллювиальные отложения; 2 и 3 — вулканиты кедонской серии: 2 — игнимбриты, туфы риодацитов, туффиты гурнской толщи; 3 — лавы и туфы андезитов кубакинской толщи; 4 — дайки риолитов кедонского комплекса; 5 — разломы; 6 — жилы; 7 — зоны прожилкования; 8 — контур карьера; 9 — скважины

месторождения и рудопроявления. В позднем мезозое в ходе нового цикла окраинно-континентального магматизма на северо-восточной и юго-восточной окраинах ОМ сформировалась новая генерация золото-серебряных, серебро-полиметаллических и медно-порфировых руд.

Глубинное строение террейнов хорошо иллюстрируются гравиметрическими данными (табл. 2). До глубины 20 км ПК характеризуется намного большей неоднородностью плотности пород, нежели ОМ, причем особенно четкие различия наблюдаются на самом верхнем (мощностью 10 км) срезе, где строение ПК определяют умеренно высокоплотные комплексы (нижнепротерозойская базит-гипербази-

Таблица 2. Изменение плотностной неоднородности земной коры с глубиной по данным гравиметрической томографии (Вашилов, 1993)

Глубина, км	Плотность пород, т/м ³	
	ПК	ОМ
10	2,85–2,99	2,70–2,77
20	2,85–2,99 (север)	3,00–3,15
	3,00–3,15 (юг)	
30	3,00–3,15	3,00–3,15
40	3,16–3,34	3,16–3,34
60	3,16–3,34	3,16–3,34

товая ассоциация), а ОМ, наоборот, сложен низкоплотными гранитизированными архейскими комплексами.

Особенностями тектоники ОМ обусловлены специфические структурные условия магматизма и рудогенеза. Ранняя консолидация привела, с одной стороны, к сужению спектра магматических ассоциаций (представлены в основном салические), типов разломов (преобладают крутопадающие) и геолого-генетических типов минерализации (отсутствует золотокварцевое и стратиформное оруденение), а с другой — к более высокой концентрированности магматизма (гранитоидные батолиты) и оруденения (крупные золото-серебряные месторождения). Этой же причиной обусловлено формирование сквозных крупных расколов фундамента, по которым наложенные тектоно-магматические процессы проникали далеко в глубь массива (Кузнецов, 2006), формируя объекты с концентрированным оруденением.

Консолидированный характер дорифейского фундамента ОМ сделал невозможным формирование структур, вмещающих орогенные золото-кварцевые месторождения. К ним относятся так называемые структуры латерального выжимания и сменяющие их в пространстве геодинамические убежища (Корольков, 2007) (или сдвиговые дуплексы растяжения — по работе (Знаменский и Знаменская, 2011)). Этим объясняется практически полное отсутствие на ОМ золото-кварцевых объектов. В терминах представленной в работе (Корольков, 2007) модели связанное с аккреционно-коллизийными процессами мезотермальное оруденение могло здесь развиваться только по типу «внутриплитных орогенов», т.е. в соответствии с представленной в работе (Groves et al., 2003) моделью, в тыловой зоне орогенного пояса. Вероятно, именно так формировались золото-редкометалльные рудопроявления ОМ. Отсутствие золото-кварцевых месторождений на ПК объясняется иными причинами, а именно: удаленностью террейна от фронта коллизийных событий и блоков-инденторов. Это обусловило слабую степень тектонического сжатия, которое к тому же имело тангенциальный (а не фронтальный, как это необходимо для формирования структур латерального выжимания) характер (Протопопов, 1997).

Существование в пределах докембрийских консолидированных структур глубинных рудоконтролирующих разломов значительной (более 100 км) вертикальной протяженности (Мальшев и др., 2004), с учетом последних данных по распределению гипоцентров землетрясений (Вадковский, 2012), представляется вполне вероятным. Сейсмические данные показывают также, что в консолидированной коре существует отчетливая флюидно-тектоническая зональность (Кузин, 2018). Миграция флюида происходит по «сквозным» субвертикальным зонам; ее природа и механизм возникновения с петрологических и физико-химических позиций рассмотрен в работах (Летников, 2001; Жатнуев, 2016). В этом заключается принципиальное отличие Омолонского террейна от Приколымского — в последнем мобильная геологическая структура с преобладанием пологих надвигов способствовала последовательному усилению неоднородности состава литосферы и многократной реювенации рудного вещества. Объясняется это механизмом образования рудоносных гидротерм в зонах глубинных разломов, основанным на разности давлений между их стволовыми частями и опережающими трещинами — с одной стороны, и пластовым давлением — с другой (Кушнарев, 1982). Это приводит к притоку минерализованного флюида из вмещающих пород (Борисов, 2000). Рудоконцентрирование на ПК при таком сценарии уступало место диссипации, а формирование богатого оруденения было маловероятно (Абрамович, 1998). Оговоримся, что такая диссипация отнюдь не противоречит «первому закону рудообразования» Л. Н. Овчинникова: *рудообразование есть переход металлов от рассеяния к концентрации* (Овчинников, 1986), т.е. минерализация в отсутствие магистральной рудоконтролирующей структуры концентрируется на множестве «частных» структурных и литологических (надвиговые пластины) барьеров, формируя разрозненные скопления металлов. Каждое из них в отдельности может иметь высокий кларк концентрации, однако в сколь-нибудь значимом объеме геологического пространства средние содержания полезного компонента оказываются низкими. При консолидированном характере субстрата приток минерализованного флюида из вмещающих пород минимален, и энергия флюидного потока расходуется незначительно, что благоприятствует формированию концентрированной минерализации. Такой сценарий реализован в крупных рудоконтролирующих разломах ОМ. При этом крупные рудоконцентрации могут располагаться на значительном удалении от магистральных структур, как отмечается в работе (Борисов, 2000), по гидродинамическим причинам, что и наблюдается в действительности. В работе (Абрамович и Клушин, 1987) предполагается, что в условиях высокой вариативности температур и давлений, которая является следствием частых структурных подвижек, могут формироваться лишь мелкие и бедные месторождения; а для формирования крупных и богатых объектов необходима стабильность геодинамического режима. Данная модель подкрепляется результатами изучения динамики флюидных систем (Сох, 2002). Частое, повторяющееся на протяжении значительного отрезка времени нагнетание флюида приводит к многочисленным сейсмическим событиям малой магнитуды и формированию множества мелких трещин сдвиговой кинематики. Это сопровождается медленным продвижением фронта трещиноватости и столь же медленным отложением малых порций руд. Напротив, при эпизодическом быстром поступлении больших порций флюида в породы с низкой проницаемостью не только образуются крупные разрывы, но и быстро нарушается

химическое равновесие в системе флюид — порода, что приводит к быстрому формированию рудных концентраций. Гидротермальные рудные месторождения — результат взаимодействия двух сред (Черезов, 1988): подвижной (рудобразующие растворы) и неподвижной (геологическое пространство). В основе их взаимодействия лежит проницаемость деформированных в той или иной степени горных пород, формирующаяся в результате тектогенеза и приводящая к рудолокализации. Тектонофизические исследования Березовского золоторудного поля показали, что промышленная минерализация локализуется преимущественно в зонах с невысокой общей проницаемостью пород, где флюид концентрируется в немногочисленных магистральных каналах (Сомов и др., 2010).

С рассматриваемых позиций в качестве аналога ОМ, с определенными допущениями, можно рассматривать Центрально-Алданский супертеррейн (ЦАСТ) Алданского щита, сложенный гранулитами и гнейсами с абсолютными возрастными по U—Pb-датировкам 3,57–2,14 млрд лет (Тектоника..., 2001). В строении ЦАСТ, аналогично ОМ, выделяются архейско-раннепротерозойский кристаллический фундамент, рифейско-нижнепалеозойский чехол и мезозойский орогенный комплекс (Максимов и Угрюмов, 1966). Строение фундамента характеризуется широким развитием гранито-гнейсовых куполов (Тектоника..., 2001). Отложения чехла имеют незначительную мощность (до 700 м), а с красноцветными осадками орогенного комплекса тесно ассоциируют щелочные интрузии (Билибина и др., 1976). Разломы представлены взбросами, сбросами и сдвигами (Goshko et al., 2014); наиболее крупные из них имеют мантийное заложение (Шевченко и др., 2011) и контролируют размещение интрузий, а также ассоциирующей с ними рудной минерализации (Хомич и Борискина, 2009). В металлогеническом развитии ЦАСТ четко выделяются два этапа: раннедокембрийский и позднемезозойский (Пономарчук и др., 2015). В архейско-раннепротерозойскую эпоху сформировались месторождения железистых кварцитов и карбонатитов с апатит-редкоземельной минерализацией. Золотое оруденение образовалось на позднемезозойском этапе (Бойцов и др., 2010) и тесно ассоциирует с щелочными интрузиями. Оно отличается значительным своеобразием состава руд, однако его геолого-генетическая типизация определена (Бойцов, 2006; Добровольская и др., 2016; Кочетков, 2006а; 2006б): минерализация образует ряд от золото-медно-порфирового (месторождения Рябиновое и Лебединское), золото-скарнового (Лебединское, Самолазовское) до эпитермального золото-серебряного адуляр-кварцевого (Куранахское, Подгольное). Специфика металлогении ЦАСТ — не имеющее аналогов золото-молибден-урановое оруденение «эльконского» типа (Элькон, Лунное; см. (Горошко и др., 2006)).

Аналогии между ЦАСТ и ОМ объясняются тесной вовлеченностью этих древних кристаллических структур в тектоно-магматические процессы, вызванные формированием орогенных (Монголо-Охотского и Верхояно-Чукотского) и наложенных вулканогенных (Станового, ОЧВП, ОВП и КВП) поясов и связанных с ними порфировым и эпитермальным оруденением. Различия определяются масштабами структур и их тектонической позицией. Центрально-Алданский супертеррейн на протяжении всей постархейской истории геологического развития оставался целостной стабильной структурой несмотря на активные тектоно-магматические процессы на смежных окраинах САК. В отличие от ЦАСТ, Омолонский массив был тесно вовлечен во все аккреционно-коллизионные и рифтогенные процессы на

восточной окраине кратона, что привело к существенному нарушению структуры докембрийского фундамента.

5. Заключение

Тектоническая структура и геодинамическая природа ПК и ОМ принципиально различны. ПК представляет собой составной террейн надвигового строения, которое формировалось на всем протяжении его геологической истории начиная с раннего протерозоя. Эпизоды сжатия, сопровождавшиеся складко- и надвигообразованием, разделялись длительными эпохами медленного растяжения («рассеянный рифтогенез», по работе (Булгакова, 1991)). Напротив, ОМ представляет собой жесткую структуру, консолидированную уже к началу рифея. На протяжении всей дальнейшей геологической летописи он сохранял свое внутреннее строение. Многочисленные эпохи сжатия и растяжения на протяжении фанерозоя существенно не изменили структурный рисунок ОМ и лишь способствовали формированию субвертикальных расколов кристаллического фундамента. С учетом этого важнейший фактор металлогении докембрийских террейнов — наличие консолидированного дорифейского кристаллического фундамента. Последний определяет: 1) стиль разломной тектоники (преобладание пологих либо крутопадающих разломов), 2) глубину проникновения рудоподводящих разломов, 3) морфологию и условия залегания рудных тел. Подвижность, либо наоборот, стабильность региональной структуры влияют также на число этапов рудообразования, их интенсивность (накопление руд в ходе одного крупного этапа либо последовательная концентрация/диссипация в ходе многократных возобновлявшихся рудообразующих событий) и набор геолого-генетических типов минерализации.

Литература

- Абрамович, И. И., 1998. Геодинамика и мантийные корни рудных формаций. Геокарт, Москва.
- Абрамович, И. И., Клушин, И. Г., 1987. Геодинамика и металлогения складчатых областей. Недра, Ленинград.
- Беус, В. А., Миледин, А. К., 1990. Новые данные о возрасте метаморфического комплекса Приколымского поднятия. Доклады Академии наук СССР 311(2), 925–928.
- Бибикова, Е. В., 1989. Уран-свинцовая геохронология ранних этапов развития древних щитов. Наука, Москва.
- Бибикова, Е. В., Макаров, В. А., Грачева, Т. В., Сеславинский, Т. Б., 1978. Возраст древнейших пород Омолонского массива. Доклады Академии наук СССР 241 (2), 434–436.
- Билибина, Т. В., Даикова, А. Д., Донаков, В. И., 1976. Геологические формации и металлогения Алданского щита, Недра, Ленинград.
- Бойцов, В. Е., 2006. Золоторудные и золото-урановые месторождения Центрального Алдана, в: Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых 2. ИГЕМ РАН, Москва, 215–240.
- Бойцов, В. Е., Верчеба, А. А., Пилипенко, Г. Н., Жданов, А. В., 2010. Металлогеническое районирование Центрально-Алданского рудного района Республики Саха (Якутия). Известия Высших учебных заведений. Геология и разведка 5, 23–32.
- Борисов, М. В., 2000. Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. Научный мир, Москва.
- Булгакова, М., Д., 1991. Ранний-средний палеозой Северо-Востока СССР (седиментологический анализ). ЯНЦ СО АН СССР, Якутск.
- Вадковский, В. И., 2012. Субвертикальные скопления гипоцентров землетрясений — «сейсмические гвозди». Вестник отделения наук о Земле РАН 4, NZ1001. <https://doi.org/10.2205/2012NZ000110>

- Ващилов, Ю. Я., 1993. Глубинная структура, геодинамика и геокинематика Северо-Востока России, в: Структура и геокинематика литосферы Востока России, СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 19–43.
- Ващилов, Ю. Я., Кабак, И. Б., Котляр, И. Н., Сахно, О. В., Зимникова, Т. П., Гайдай, Н. К., Цветкова, Л. Н., 1999. Особенности глубинного строения и вещественного состава пород некоторых золоторудных проявлений и месторождений Омолонского массива, в: Глубинная тектоника и вопросы сейсмологии, металлогении, нефтегазоносности Востока России. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 103–143.
- Вольфсон, Ф. И., Яковлев, П. Д., 1975. Структуры рудных полей и месторождений. Учебник. Недра, Москва.
- Гагиева, А. М., 2011. Интрузивный базитовый магматизм в позднедокембрийской истории Омолонского массива. Вестник СВНЦ ДВО РАН 3, 18–28.
- Гагиева, А. М., Жуланова, И. Л., 2011. Геохронометрия среднепалеозойских вулканитов Омолонского массива: сопоставление K—Ar, Rb—Sr, U—Pb данных геологическая интерпретация (Северо-Восток Азии). Тихоокеанская геология 3(30), 3–19.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 / Ханчук, А. И. (под ред.), 2006. Дальнаука, Владивосток, 1–572.
- Гзовский, М. В., 1975. Основы тектонофизики, Наука, Москва.
- Глухов, А. Н., 2013. Геологическое строение и состав руд золоторудного месторождения Надежда. Отечественная геология 4, 7–17.
- Глухов, А. Н., Гладков, А. С., Кошкарёв, Д. А., Лунина, О. В., 2012. Тектонофизические критерии геодинамической эволюции Приколымского террейна (Северо-Восток России). Геодинамика и тектонофизика 3(4), 361–375.
- Глухов, А. Н., Тюкова, Е. Э., 2013. Перспективы развития минерально-сырьевой базы меди Магаданской области. Руды и металлы 5, 21–33.
- Глухов, А. Н., Фомина, М. И., 2015. Новые данные о стратиформной полиметаллической минерализации в карбонатных толщах Приколымского террейна. Отечественная геология 3, 37–44.
- Глухов, А. Н., Савва, Н. Е., Колова, Е. Е., 2016. Вещественный состав и генезис золотых руд месторождения Надежда, Магаданская область. Руды и металлы 4, 60–71.
- Горошко, М. В., Мальшиев, Ю. Ф., Кириллов, В. Е., 2006. Металлогения урана Дальнего Востока России. Наука, Москва.
- Горячев, Н. А., 1998. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан.
- Горячев, Н. А., Егоров, В. Н., Савва, Н. Е., Кузнецов, В. М., Фомина, М. И., Рожков, П. Ю., 2017. Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омолонского массива. Дальнаука, Владивосток.
- Гринберг, Г. А., Гусев, Г. С., Бахарев, А. Г., 1981. Тектоника, магматические и метаморфические комплексы Колымо-Омолонского массива. Наука, Москва.
- Добровольская, М. Г., Разин, М. В., Прокофьев, В. Ю., 2016. Золоторудное месторождение Лебедино (Центральный Алдан): минеральные парагенезисы, стадии и условия образования. Геология рудных месторождений 58(4), 346–366.
- Дылевский, Е. Ф., 1997. Айэнэнский интрузив и особенности его щелочных сиенитов. Магматизм и оруденение Северо-Востока России. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 108–134.
- Жатнуев, Н. С., 2016. Трансмантийные (интрателлурические флюиды): новая модель плюмов и плюмового магматизма. Геология и геофизика 57(8), 1445—1454.
- Жуланова, И. Л., 1990. Земная кора Северо-Востока Азии в докембрии и фанерозое. Наука, Москва.
- Знаменский, С. Е., Знаменская, Н. М., 2011. Рудовмещающие трансенсивные дуплексы золото-кварцевых и золото-сульфидных месторождений Южного Урала. Литосфера 1, 94–105.
- Колесов, Е. В., 2003. Палеотектоническая эволюция Северо-Восточного региона России по палеомагнитным данным. Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан. 101–103.
- Константинов, М. М., Политов, В. К., Стружков, С. Ф., 2001. Омолонский золотоносный район и его перспективы, в: Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий 2. СВКНИИ ДВО РАН, 94–98.
- Кораго, Е. А., Лычагин, П. П., 1977. Особенности среднепалеозойских вулканитов Омолонского массива и перспективы связанного с ним медно-молибденового оруденения. Вопросы геологии срединных массивов Северо-Востока СССР. СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, Магадан, 99–103.

- Корольков, А. Т., 2007. Геодинамика золоторудных районов Восточной Сибири. Изд-во Иркутского ун-та, Иркутск.
- Котляр, И. Н., 2000. Возраст золотых руд месторождения Кубака, в: Магматизм и метаморфизм Северо-Востока Азии. Материалы IV регионального петрографического совещания. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 156–159.
- Котляр, И. Н., Жуланова, И. Л., Русакова, Т. Б., Гагиева, А. М., 2001. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан.
- Кочетков, А. Я., 2006а. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана. Геология и геофизика 47(7), 850–864.
- Кочетков, А. Я., 2006б. Рудоносность щелочных массивов Алданского щита. Рябиновское медно-золото-порфирировое месторождение. Тихоокеанская геология 25(1), 62–73.
- Крылов, А. А., Лиханов, И. И., 2017. Геохимия, возраст протолита и метаморфизма высокобарических тектонитов Енисейского кряжа: связь с формированием Палеоазиатского океана. Вестник ВГУ. Сер. Геология 1, 49–60.
- Кузин, А. М., 2018. Флюидно-тектоническая зональность в земной коре по данным сейсмических наблюдений, в: Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Материалы I Тектонического совещания 1, Геос, Москва, 344–347.
- Кузнецов, В. М., 2005. Геология и рудоносность Бургачанского мегаузла Омолонской металлогенической провинции. Проблемы геологии и металлогении рудных районов Северо-Востока России: сборник научных трудов. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 92–109.
- Кузнецов, В. М., 2006. Разнопорядковые структуры тектоно-магматической активизации в Верхояно-Чукотской складчатой области. Вестник СВНЦ ДВО РАН 2, 2–12.
- Кушнарев, И. П., 1982. Глубины образования эндогенных рудных месторождений. Недра, Москва.
- Летников, Ф. А., 2001. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза. Геология рудных месторождений 43(4), 291–307.
- Литвиненко, И. С., 2007. Геохимия и парагенезис самородного золота россыпных месторождений Шаманихо-Столбовского района, в: Чтения памяти акад. К. В. Симакова: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. СВНЦ ДВО РАН, Магадан, 95–96.
- Максимов, Е. П., Угрюмов, А. Н., 1966. Геологическое строение центральной части Алданского щита. Наука, Москва, 51–58.
- Мальшев, Ю. Ф., Горюшко, М. В., Родионов, С. М., Романовский, Н. П., 2004. Глубинное строение и перспективы поисков крупных и сверхкрупных рудных месторождений на Дальнем Востоке, в: Крупные и сверхкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. ИГЕМ РАН, Москва, 423–430.
- Ножкин, А. Д., Качевский, Л. К., Дмитриева, Н. В., 2013. Позднепротерозойская рифтогенная метариолит-базальтовая ассоциация Глушихинского прогиба (Енисейский кряж): петрогеохимический состав, возраст и условия образования. Геология и геофизика 54(1), 58–71.
- Овчинников, Л. Н., 1986. Геохимические основы поисков рудных месторождений, в: Геохимия в локальном металлогеническом анализе. ИГиГ СО АН СССР, Новосибирск, 3–4.
- Овчинников, Л. Н., 1990. Прикладная геохимия. Недра, Москва.
- Орлов, Ю. С., Трунилина, В. А., Роев, С. П., 2002. Палеозойский магматизм Восточной Якутии: геодинамические аспекты. Отечественная геология 4, 50–54.
- Основы металлогенического анализа при геологическом картировании. 1995. Геокарт, Москва.
- Пепеляев, Б. И., 1974. Рифейские и вендские образования Северо-Востока СССР, в: Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР. Магадан, 34–38.
- Петрищевский, А. М., 2015. Колымо-Омолонская плита — обособленный литосферный фрагмент. Региональные проблемы 1(18), 3–20.
- Пономарчук, А. В., Борисенко, А. С., Травин, А. В., 2015. Геохронологическая корреляция мезозойского магматизма и рудообразования Алдано-Станового щита и восточной части Монголо-Охотского пояса (и прилегающих территорий), в: Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы. Материалы VI Российской конференции по изотопной геохронологии. ИГГД РАН, Санкт-Петербург, 214–216.
- Протопопов, Р. И., 1994. Первые находки рудного золота в Шаманихо-Столбовском золотороссыпном районе Северо-Востока России. Руды и металлы 3, 31–32.
- Протопопов, Р. И., 1997. Позднемезозойские сквозьструктурные магматогенно-метасоматические зоны Приколымского поднятия и Березовской шовной зоны и связь с ними золотого орудене-

- ния, в: Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики: Тезисы докладов Всероссийского совещания. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 62–63.
- Протопопов, Р.И.*, 2010. Девонские и меловые гранитоиды Приколымского поднятия. Изд-во Академии наук Республики Саха (Якутия), Якутск.
- Рундквист, Д.В., Рундквист, И.К.*, 1994. Металлогения на рубеже столетия. Вестник Российской академии наук 64(7), 588–605.
- Савва, Н.Е., Ведерников, В.Н.*, 1989. Новый тип серебряной минерализации на Северо-Востоке СССР, в: Геохимия и минералогия рудных месторождений Северо-Востока СССР. СВКНИИ ДВО АН СССР, Магадан, 86–97.
- Савва, Н.Е., Шахтыров, В.Г.*, 2011. Золото-серебряное месторождение Ольча: тектоническая позиция, структура и минералогическая характеристика. Геология рудных месторождений 53(5), 462–486.
- Сидоров, А.А.*, 1998. Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометаллоносного оруденения. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан.
- Сидоров, А.А., Волков, А.В.*, 2015. Металлогения окраинноморской литосферы (Северо-Восток России). Литосфера 1, 24–34.
- Сидоров, А.А., Волков, А.В., Алексеев, В.Ю.*, 2008. О металлогении кратонных террейнов и районов «пологих дислокаций» на Северо-Востоке России. Доклады Академии наук 423(6), 783–786.
- Сидоров, А.А., Чехов, А.Д., Волков, А.В.*, 2012. О металлогенической эволюции палеоокраинноморской литосферы мезозойского Северо-Востока Азии. Вестник СВНЦ ДВО РАН 1, 2–7.
- Смелов, А.П., Тимофеев, В.Ф.*, 2003. Террейновый анализ и геодинамическая модель формирования Северо-Азиатского кратона в раннем докембрии. Тихоокеанская геология 6(22), 42–54.
- Сомов, В.Ф., Кадышева, Е.В., Филатов, В.В.*, 2010. Тектонофизический анализ гравитационного поля Березовского золоторудного месторождения и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения, связанного с гранитоидными массивами. Литосфера 1, 94–102.
- Степанов, В.А., Шишакова, Л.Н.*, 1994. Кубакинское золото-серебряное месторождение. Дальнаука, Владивосток.
- Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия), 2001. МАИК «Наука/Интерпериодика», Москва.
- Терехов, М.И.*, 1979. Стратиграфия и тектоника южной части Омолонского массива. Наука, Москва.
- Ткаченко, В.И.*, 1992. Докембрийские отложения в структуре Приколымского поднятия, в: Региональная геодинамика и стратиграфия Азиатской части СССР. ВСЕГЕИ, Ленинград, 49–64.
- Ткаченко, В.И., Щербакова, И.П.*, 1991. О строении и метаморфизме докембрия Приколымья. Метаморфические комплексы Северо-Востока СССР, их рудоносность и геологическое картирование. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 74–87.
- Третьяков, Ф.Ф.*, 2004. Раннепалеозойские рифтовые структуры в основании Верхоянского складчатого пояса. Отечественная геология 5, 57–60.
- Третьяков, Ф.Ф.*, 2016. О тектоническом строении Приколымского террейна Верхояно-Колымской орогенной области (структурно-статистический анализ). Отечественная геология 6, 85–90.
- Трунилина, В.А., Орлов, Ю.С., Роев, С.П.*, 2004. Магматические ассоциации Уяндино-Ясачненского вулканоплутонического пояса и его геодинамическая природа. Отечественная геология 4, 61–67.
- Фадеев, А.П.*, 1975. Железородные проявления Южно-Омолонского района. Колыма 6, 41–43.
- Хаин, В.Е., Филатова, Н.И., Полякова, И.Д.*, 2009. Тектоника, геодинамика и перспективы нефтегазоносности Восточно-Арктических морей и их континентального обрамления. Труды ГИН РАН 601. Наука, Москва.
- Хомич, В.Г., Борискина, Н.Г.*, 2009. Геолого-геофизические факторы контроля проявлений золотой минерализации на сопредельных территориях России и Китая. Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле 2(14), 69–76.
- Черезов, А.М.*, 1988. Структурный тип жильных гидротермальных месторождений в зонах сдвига. Разведка и охрана недр 12, 10–12.
- Черняев, Е.В., Черняева, Е.И.*, 2001. Структура и условия локализации золотого оруденения Кубакинского рудного поля. Известия Томского политехнического университета 304(23), 225–243.
- Шахтыров, В.Г.*, 1996. Кинематическая интерпретация структуры золото-серебряного месторождения Ольча, в: Минералогия и генетические особенности месторождений золота и серебра. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, 27–38.

- Шевченко, В. М., 2006. Архей и протерозой Омолонского массива. Петрология и изотопный возраст. СВНЦ ДВО РАН, Магадан.
- Шевченко, Б. Ф., Горошко, М. В., Диденко, А. Н., Гурьянов, В. А., Старосельцев, В. С., Сальников, А. С., 2011. Глубинное строение, мезозойская тектоника и геодинамика области сочленения восточной части Центрально-Азиатского пояса и Сибирской платформы. Геология и геофизика 52(12), 2122–2131.
- Шпикерман, В. И., 1998. Домеловая минерагеня Северо-Востока Азии. СВКНИИ ДВО РАН, Магадан.
- Щеглов, А. Д., 1989. Современное состояние теоретических основ металлогении. Институт естествознания и техники АН СССР, Ленинград.
- Щербакова, И. П., Березнер, О. С., Беус, В. А., Ткаченко, В. И., 1988. Дорифейский метаморфический комплекс в Приколымье. Магматические и метаморфические комплексы Северо-Востока СССР и составление Госгеолкарты-50. СВКНИИ ДВО АН СССР, Магадан, 75–76.
- Akinin, V. V., Zhulanova, I. L., 2016. Age and geochemistry of zircon from oldest metamorphic rocks of the Omolon massif (Northeast Russia). *Geochemistry International* 54(8), 651–659.
- Cox, S. F., 2002. Fluid flow in mid- to deep crustal shear systems: Experimental constraints, observations on exhumed high fluid flux shear systems, and implications for seismogenic processes. *Earth Planets Space* 54, 1121–1125.
- Goshko, E. Yu., Efimov, A. S., Sal'nikov, A. S., 2014. The recent structure and the assumed history of formation of the crust in the south-eastern segment of the North Asian craton along Reference Profile 3-DV. *Geodynamics & Tectonophysics* 5(3), 785–798.
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Robert F., Hart C. J. R., 2003. Gold Deposits in Metamorphic Belts: Overview of Current Understanding, Outstanding Problems, Future Research, and Exploration Significance. *Economic Geology* 98, 1–31.
- Kiselev, A. I., Kochnev, B. B., Yarmolyuk, V. V., Rogov, V. I., Egorov, K. N., 2016. The Early Paleozoic magmatism in the northeastern Siberian craton. *Geodynamics & Tectonophysics* 7(2), 233–250.
- Khudoley, A. K., Prokopiev, A. V., Chamberlain, K. R., Ernst, R. E., Jowitt, S. M., Malyshev, S. V., Zaitsev, A. I., Kropachev, A. P., Koroleva, O. V., 2013. Early Paleozoic mafic magmatic events on the eastern margin of the Siberian Craton. *Lithos* 174, 44–56.
- Khudoley, A. K., Tkachenko, V. I., Matukov, D. I., Berezhnaya, N. G., Sergeev, S. A., 2006. New age data on Precambrian volcanic rocks of the khakdon group, eastern Kolyma region. *Doklady Earth Sciences* 411(9), 1357–1361.

Статья поступила в редакцию 18 июня 2018 г.
Статья рекомендована в печать 18 марта 2019 г.

Контактная информация:

Глухов Антон Николаевич — gluhov76@list.ru

Tectonic framework for metallogeny of precambrian structures on the example of Kolyma and Omolon terranes (Northeast Asia)

A. N. Glukhov

North-East Interdisciplinary Science and Research Institute
Far-East Branch Russian Academy of Science,
16, ul. Portovaya, Magadan, 685000, Russian Federation

For citation: Glukhov, A. N. (2019). Tectonic framework for metallogeny of precambrian structures on the example of Kolyma and Omolon terranes (Northeast Asia). *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 64 (2), 219–248. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.204> (In Russian)

The example of the Omolon and Kolyma terranes (Northeast Asia) showed the influence of the regional tectonic position and geodynamic evolution of Precambrian blocks on the

structure of ore deposits. The first such example is the stable consolidated structure, which was fully completed by the early Neoproterozoic. The second example is the composite terrane, similar to a fold-thrust belt. Terranes with consolidated Early Precambrian crust were a stable structure for the whole of geological history. Further ages of compression and tension did not bring about any significance changes. Ore-controlled and ore-hosted structures formed by these processes appeared as deep and steep faults of the foundation. By these pathways, subsequent tectonic and magmatic events permeated far into the terranes. That was favourable for forming large and hi-grade deposits but it restricted the range of deposit types. In contrast, the tectonic structure of the trust-faulted terranes was mobile for the whole timing scale. There Precambrian rocks were composed of allochtones, and the trust-fault structure was multiple renewed. That promoted formation of a wide range of types of mineralization, but caused dissipation of metals on numerous small-scale structures. Consequently, age and level of consolidation of the foundation is one of the most important factors of metallogeny of the Precambrian terranes. That defined the style of faulting structure (domination of steep or shallow faults), depth of the faults, morphology and geometry of the orebodies.

Keywords: terrane, Precambrian, basement, ore-forming, consolidation, trust-faulted, ore-controlled factor.

References

- Abramovich, I. I.*, 1998. Geodinamika i mantiyne korni rudnykh formatsii [Geodynamics and mantle roots of the mineral deposit types]. Nedra Publ., St. Petersburg. (In Russian)
- Abramovich, I. I., Klushin, I. G.*, 1987. Geodinamika i metallogeniia skladchatykh oblastei [Geodynamics and metallogeny of fold belts]. Nedra Publ., Leningrad. (In Russian)
- Akinin, V. V., Zhulanova, I. L.*, 2016. Age and geochemistry of zircon from oldest metamorphic rocks of the Omolon massif (Northeast Russia). *Geochemistry International* 54(8), 651–659.
- Beus, V. A., Miledin, A. K.*, 1990. Novye dannye o vozraste metamorficheskogo kompleksa Prikolym'skogo podnatiia [The new data about age of metamorphic complex of the Kolyma block]. *Doklady Akademii Nauk USSR* 311(2), 925–928. (In Russian)
- Bibikova, E. V.*, 1989. Uran-svintsovaia geokhronologiya rannikh etapov razvitiia drevnykh shchitov [U—Pb geochronology of early stages of development of the old cratons]. Nauka Publ., Moscow. (In Russian)
- Bibikova, E. V., Makarov, V. A., Gracheva, T. V., Sselavinskiy, T. B.*, 1978. Vozrast drevneishikh porod Omolon'skogo massiva [The age of oldest rocks of the Omolon massif]. *Doklady Akademii Nauk USSR* 241(2), 434–436. (In Russian)
- Blibina, T. V., Dashkova, A. D., Donakov, V. I.*, 1976. Geologicheskie formatsii i metallogeniia Aldanskogo shchita [Geological formations and metallogeny of the Aldan shield]. Nedra Publ., Leningrad. (In Russian)
- Boitsov, V. E.*, 2006. Zolotorudnye i zoloto-uranovye mestorozhdeniia Tsentral'nogo Aldana [Gold and gold-uranium deposits of Central Aldan region]. In: *Krupnye i superkrupnye mestorozhdeniia rudnykh poleznykh iskopaemykh* [Large and extra-large ore deposits] 2, IGEM RAN Publ., Moscow, 215–240. (In Russian)
- Boitsov, V. E., Vercheba, A. A., Pilipenko, G. N., Zhdanov, A. V.*, 2010. Metallogenicheskoe raionirovanie Tsentral'no-Aldanskogo rudnogo raiona Respubliki Sakha (Iakutiia) [Metallogeny zonation of Central-Aldan ore camp of the Respublika Sakha (Iakutiia)]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy* [Proceedings of Higher Schools] 5, 23–32. (In Russian)
- Borisov, M. V.*, 2000. Geokhimicheskie i termodinamicheskie modeli zhil'nogo gidrotermal'nogo rudobrazovaniia [Geochemical and thermodynamic models of the hydrothermal ore-forming processes]. Nauchnyi Mir Publ., Moscow. (In Russian)
- Bulgakova, M. D.*, 1991. Rannii–srednii paleozoi Severo-Vostoka SSSR (sedimentologicheskii analiz) [Early-Middle Paleozoic of North-East of the USSR (sedimentology analysis)]. *YNZ AN SSSR Publ., Yakutsk*. (In Russian)
- Cherezov, A. M.*, 1988. Strukturnyi tip zhil'nykh gidrotermal'nykh mestorozhdenii v zonakh sdviga [The types of structures of the vein deposits in normal faults zones]. *Razvedka i Okhrana Nedr* 12, 10–12. (In Russian)

- Cherniaev, E. V., Cherniaeva, E. I.*, 2001. Struktura i usloviia lokalizatsii zolotogo orudneniia Kubakinskogo rudnogo polia [Structure and localization of gold mineralization of the Kubaka gold field]. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University-Geo Assets Engineering 304(23), 225–243. (In Russian)
- Cox, S. F.*, 2002. Fluid flow in mid- to deep crustal shear systems: Experimental constraints, observations on exhumed high fluid flux shear systems, and implications for seismogenic processes. Earth Planets Space 54, 1121–1125.
- Dobrovolskaya, M. G., Razin, M. V., Prokofev, V. Y.*, 2016. Lebediny gold deposit, Central Aldan: Mineral parageneses, stages, and formation conditions. Geology of Ore Deposits 58(4), 308–326.
- Dylevskii, E. F.*, 1997. Aienenskii intruziv i osobennosti ego shchelochnykh sienitov. Magmatizm i orudnenie Severo-Vostoka Rossii [Ayenskii intrusion and some features of alcaic sienites of that]. Magmatizm i orudneniye Severo-Vostoka Rossii [Magmatism and mineralization of North-East of the Russia]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 108–134. (In Russian)
- Fadeev, A. P.*, 1975. Zhelezorudnye proiavlennii Iuzhno-Omolonskogo raiona [Iron mineralization of South Omolon Region]. Kolyma 6, 41–43. (In Russian)
- Gagieva, A. M.*, 2011. Intruzivnyi bazitovyi magmatizm v pozdnedokembriiskoi istorii Omolonskogo massiva [Mafic intrusions in Late Precambrian history of Omolon massif]. Bulletin of the North-East Science Center 3, 18–28. (In Russian)
- Gagieva, A. M., Zhulanova, I. L.*, 2011. Geokhronometriia srednepaleozoiskikh vulkanitov Omolonskogo massiva: sopostavlenie K—Ar, Rb—Sr, U—Pb dannyykh geologicheskaiia interpretatsiia (Severo-Vostok Azii) [Geochronometry of the Middle Paleozoic volcanics of the Omolon Massif in Northeast Asia: A comparison of the K—Ar, Rb—Sr, and U—Pb data and their geological interpretation]. Tikhookeanskaya geologiya [Russian Geology of the Pacific Ocean] 3(5), 181–198.
- Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East] 1 / Khanchuk, A. I. (ed.), 2006. Dalnauka Publ., Vladivostok, 1–572. (In Russian)
- Glukhov, A. N., Fomina, M. I.*, 2015. New data about stratiform zinc-lead mineralization in carbonate rocks of Kolyma terrane. Otechestvennaia Geologia 3, 37–44. (In Russian)
- Glukhov, A. N., Gladkov, A. S., Koshkarev, D. A., Lunina, O. V.*, 2012. Tectonophysical evidences of geodynamic evolution of the Prikolyma terrain (NorthEastern regions of Russia). Geodynamics & Tectonophysics 3(4), 361–375. <https://doi.org/10.5800/GT2012340079> (In Russian)
- Glukhov, A. N., Savva, N. E., Kolova, E. E.*, 2016. Ore mineralogy and genesis of Nadezhda gold deposit. Rudy i Metally 4, 60–71. (In Russian)
- Glukhov, A. N., Tsykova, E. A.*, 2013. The perspectives of developing of the mineral resources of copper of Magadan region. Rudy i Metally 5, 21–33. (In Russian)
- Glukhov, A. N.*, 2013. Geologicheskoe stroenie i sostav rud zolotorudnogo mestorozhdenia Nadezhda [Geological structures and ore composition of Nadezhda gold deposit]. Otechestvennaya Geologiya 4, 7–17. (In Russian)
- Goroshko, M. V., Malyshev, Yu. Ph., Kirillov, V. E.*, 2006. Uranium Metallogeny of the Russian Far East. Nauka Publ., Moscow. (In Russian)
- Goryachev, N. A.*, 1998. Geologiya mezozoiskikh zoloto-kvartsevykh zhil'nykh poiasov Severo-Vostoka Azii [Geology of mezozoic gold-quartz vein belts of North-East of the Asia]. NEISRI FEB RUS Publ., Magadan. (In Russian)
- Goshko, E. Yu., Efimov, A. S., Sal'nikov, A. S.*, 2014. The recent structure and the assumed history of formation of the crust in the south-eastern segment of the North Asian craton along Reference Profile 3-DV. Geodynamics & Tectonophysics 5(3), 785–798.
- Grinberg, G. A., Gusev, G. S., Bakharev, A. G.*, 1981. Tektonika, magmaticheskie i metamorficheskie kompleksy Kolymo-Omolonskogo massiva [Tectonic, magmatic and metamorphic complexes of Kolymo-Omolon massif]. Nauka Publ., Moscow. (In Russian)
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Robert F., Hart C. J. R.*, 2003. Gold Deposits in Metamorphic Belts: Overview of Current Understanding, Outstanding Problems, Future Research, and Exploration Significance. Economic Geology 98, 1–31.
- Gzovskii, M. V.*, 1975. Osnovy tektonofiziki [The basics of tectonophysics]. Nauka Publ., Moscow. (In Russian)
- Khain, V. E., Filatova, N. I., Polyakova, I. D.*, 2009. Tektonika, geodinamika i perspektivy neftegazonosnosti Vostochno-Arkticheskikh morey i ikh kontinental'nogo obramleniya [Tectonics, geodynamics and petroleum potential of the Eastern Arctic Seas and there Continental Framing]. Trudy GIN RAN [Transactions of the Geological Institute] 601. Nauka Publ., Moscow. (In Russian)

- Khomich, V. G., Boriskina, N. G., 2009.* Geologo-geofizicheskiye faktory kontrolya proyavleniy zolotoy mineralizatsii na so-predel'nykh territoriyakh Rossii i Kitaya [Geological and Geophysical Factors of Control for the Gold Occurrences within the Border between Russia and China]. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle* [Bulletin of Kamchatka Regional Association "Educational-Scientific Center". Earth of Science] 2(14), 69–76. (In Russian)
- Khudoley, A. K., Prokopiev, A. V., Chamberlain, K. R., Ernst, R. E., Jowitt, S. M., Malyshev, S. V., Zaitsev, A. I., Kropachev, A. P., Koroleva, O. V., 2013.* Early Paleozoic mafic magmatic events on the eastern margin of the Siberian Craton. *Lithos* 174, 44–56.
- Khudoley, A. K., Tkachenko, V. I., Matukov, D. I., Berezhnaya, N. G., Sergeev, S. A., 2006.* New age data on Precambrian volcanic rocks of the khakdon group, eastern Kolyma region. *Doklady Earth Sciences*, 411(9), 1357–1361.
- Kiselev, A. I., Kochnev, B. B., Yarmolyuk, V. V., Rogov, V. I., Egorov, K. N., 2016.* The Early Paleozoic magmatism in the northeastern Siberian craton. *Geodynamics & Tectonophysics* 7(2), 233–250.
- Kochetkov, A., Ya., 2006a.* Mezozoyskie zolotonosnye rudno-magmatische sistemy Tsentral'nogo Aldana [Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of Central Aldan]. *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics] 47(7), 850–864. (In Russian)
- Kochetkov, A., Ya., 2006b.* Rudonosnost' shchelochnykh massivov Aldanskogo shchita. Ryabinovskoe medno-zoloto-porfirovoe mestorozhdenie [Ore potential of alkaline massifs of the Aldan shield. Ryabinovsky copper-gold-porphry deposit]. *Tikhookeanskaia geologia* [Russian Journal of Pacific Geology] 25(1), 62–73. (In Russian)
- Kolesov, E. V., 2003.* Paleotektonicheskaya evoliutsiia Severo-Vostochnogo regiona Rossii po paleomagnetnym dannym [Paleotectonic evolution of North-East of the Russia by paleomagnetic data]. In: *Geodinamika, magmatizm i mineragenia kontinentalnykh okrain severa Patsifiki* [Geodynamics, magmatism and minerageny of continental margin of the North Pacific]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 101–103. (In Russian)
- Konstantinov, M. M., Polotov, V. K., Struzhkov, S. F., 2001.* Omolonskii zolotonosnyi raion i ego perspektivy [Omolon gold camp and prospectives of that]. In: *Problemy geologii i metallogenii Severo-Vostoka Azii na rubezhe tysyacheletii* [The questions of geology and metallogeny of the North-East of the Asia on edge of millennium] 2. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 94–98. (In Russian)
- Korago, E. A., Lychagin, P. P., 1977.* Osobennosti srednepaleozoiskikh vulkanitov Omolonskogo massiva i perspektivy svyazannogo s nim medno-molibdenovogo orudeneniia [The peculiarities of Middle-Paleozoic volcanic units of the Omolon massif and prospectives moly-copper mineralization]. *Voprosy geologii srednykh massivov Severo-Vostoka SSSR* [The questions of geology of the stable massifs USSR]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 99–103. (In Russian)
- Korol'kov, A. T., 2007.* Geodinamika zolotorudnykh raionov Vostochnoi Sibiri [Geodynamics of gold-ore camps of the East Siberia]. Irkutsk University Publ., Irkutsk. (In Russian)
- Kotliar, I. N., 2000.* Vozrast zolotovykh rud mestorozhdeniia Kubaka [The age of gold mineralization of the Kubaka deposit]. In: *Magmatizm i metamorfizm Severo-Vostoka Azii. Materialy IV regional'nogo petrograficheskogo soveshchaniia* [Magmatism and metamorphism of Northeast Asia. Proceedings of IV Regional Petrographical Conference]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 156–159. (In Russian)
- Kotliar, I. N., Zhulanova, L. L., Rusakova, T. B., Gagieva, A. M., 2001.* Izotopnye sistemy magmatischekikh i metamorficheskikh kompleksov Severo-Vostoka Rossii [Isotope systems of magmatic and metamorphic complexes of North-East of the Russia]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan. (In Russian)
- Krylov, A. A., Likhonov, I. I., 2017.* Geokhimiia, vozrast protolita i metamorfizma vysokobaricheskikh tektonitov Eniseiskogo kriazha: sviaz' s formirovaniem Paleoaziatskogo okeana [Geochemistry and age of protolith of the tectonic rocks of the Enisey Ridge: links with forming of the Palaeasian ocean]. *Vestnik VGU. Seriya: Geologiya* [Proceedings of VSU. Series: Geology] 1, 49–60. (In Russian)
- Kushnarev, I. P., 1982.* Glubiny obrazovaniia endogennykh rudnykh mestotozhdений [The deep of forming of the endogenic ore deposits]. Nedra Publ., Moscow. (In Russian)
- Kuzin, A. M., 2018.* Fluidno-tektonicheskaya zonal'nost' v zemnoi kore po dannym seismicheskikh nabludeniim [Fluid-tectonic zonation in Earth crust by seismology data]. In: *Problemy tektoniki i geodinamiki i mantii. Materialy Tektonicheskogo soveshchaniia* [Questions of Earth crust and mantle. Proceedings of L Tectonic Conference] 1. Geos Publ., Moscow, 344–347. (In Russian)
- Kuznetsov, V. M., 2005.* Geologiya i rudonosnost' Burgachanskogo megauzla Omolonskoi metallogenicheskoi provintsii [Geology and metallogeny of Burgagchan ore camp of the Omolon province]. *Problemy geologii i metallogenii rudnykh raionov Severo-Vostoka Rossii* [The questions of geology and

- metallogeology of ore camps of the North-East of the Russia]. NEISRI FEB RAS, Magadan, 92–109. (In Russian)
- Kuznetsov, V.M.*, 2006. Raznoporjadkovye struktury tektono-magmaticheskoi aktivizatsii v Verkhoyano-Chukotskoi skladchatoi oblasti [Different-scale structures of tectonic and magmatic activation of the Verkhoyano-Chukotka fold belt]. Vestnik SVNTS DVO RAN [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch] 2, 2–12. (In Russian)
- Letnikov, F.A.*, 2001. Sverkhglubinnye flyuidnye sistemy Zemli i problemy rudogeneza [Deep fluid systems of the Earth and ore genesis]. Geologia rudnykh mestorozhdenii [Geology of Ore Deposits] 43(4), 291–307. (In Russian)
- Litvinenko, I.S.*, 2007. Geokhimiya i paragenesis samorodnogo zolota rossypanykh mestorozhdenii Shamanikho-Stolbovskogo raiona [Geochemistry of native gold of placer deposits of the Shamanikha-Stolbovaya ore camp]. In: Chteniya pamiati akademika K.V.Simakova: tezisy dokladov Vserossiyskoi nauchnoi konferentsii [Readings in the Memory of Academician K. V. Simakov: Abstracts of the Russian-Wide Scientific Conference]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 95–96. (In Russian)
- Maksimov, E.P., Ugryumov, A.N.*, 1966. Geologicheskoe stroenie tsentral'noi chasti Aldanskogo shchita [Geology of Central part of the Aldan Shield]. Nauka Publ., Moscow. (In Russian)
- Malyshev, Iu. F., Goroshko, M. V., Rodionov, S. M., Romanovskii, N. P.*, 2004. Glubinnoe stroenie i perspektivy poiskov krupnykh i sverkhkrupnykh rudnykh mestorozhdenii na Dal'nem Vostoke [Deep structure and perspectives of exploration of the large and extra-large ore deposits on Far East]. In: Krupnye i sverkhkrupnye mestorozhdeniya: zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya obrazovaniya [Large and extra-large deposits: regularity of localization and ore forming]. IGM RAN Publ., Moscow, 423–430. (In Russian)
- Nozhkin, A.D., Kachevskii, L.K., Dmitrieva, N.V.*, 2013. Pozdneproterozoyskaia riftogennaia metariolit-bazal'tovaia assotsiatsiya Glushikhin-skogo progiba (Yeniseyskiy kryazh): petrogeokhimicheskii sostav, vozrast i uslovia ob-razovania [The Late Neoproterozoic rift-related metarhyolite–basalt association of the Glushikha trough (Enisey ridge): geochemical composition, age, formation conditions]. Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics] 54(1), 58–71. (In Russian)
- Orlov, Iu. S., Trunilina, V.A., Roev, S.P.*, 2002. Paleozoiskii magmatizm Vostochnoi Iakutii: geodinamicheskie aspekty [Paleozoic magmatism of East Yakutia: geodynamic aspects]. Otechestvennaya Geologiya 4, 50–54. (In Russian)
- Osnovy metallogenicheskogo analiza pri geologicheskoy kartirovani [The basics of metallogenic analysis for geological mapping]. 1995. Geokart Publ., Moscow. (In Russian)
- Ovchinnikov, L.N.*, 1986. Geokhimicheskie osnovy poiskov rudnykh mestorozhdenii [Geochemical basics of mineral exploration]. In: Geokhimiya v lokal'nom metallogenicheskoy analize [Geochemistry and local metallogenic analysis]. SO AN SSSR Publ., Novosibirsk, 3–4. (In Russian)
- Ovchinnikov, L.N.*, 1990. Prikladnaya geokhimiya [Practical geochemistry]. Nedra Publ., Moscow. (In Russian)
- Pepeliaev, B.I.*, 1974. Rifeiskie i vendskie obrazovaniya Severo-Vostoka SSSR [Riphean and Vendian rocks of North-East of the USSR]. In: Dokembrii i paleozoi Severo-Vostoka SSSR [Precambrian and Paleozoic rocks of North-East of the USSR]. Magadan, 34–38. (In Russian)
- Petrishchevskii, A.M.*, 2015. Kolymo-Omolonskaia plita — obosoblenyi litosfernyi fragment [Kolyma-Omolon plate — separate fragment of lithosphere]. Regional'nye problemy [Regional Problems] 1(8), 3–20.
- Ponomarchuk, A.V., Borisenko, A.S., Travin, A.V.*, 2015. Geokhronologicheskaya korrelyatsiya mezozoiskogo magmatizma i rudoobrazovaniya Aldano-Stanovogo shchita i vostochnoi chasti Mongolo-Okhotskogo poiasa (i priliegaiushchikh territorii) [Geochronological correlation of mesozoic magmatism and mineralization of the Mongolo-Okhotsk belt]. In: Izotopnoe datirovanie geologicheskikh protsessov: novye rezul'taty, podkhody i perspektivy [Isotope dating of geological processes: new approaches. Proceedings of VI Russian conference about isotope geochronology]. IGGD RAN Publ., St. Petersburg, 214–216. (In Russian)
- Protopopov, P.I.*, 1994. Pervye nakhodki rudnogo zolota v Shamanikho-Stolbovskom zolotorosyppnom raione Severo-Vostoka Rossii [The first discovering of the gold load in the Shamanikha-Stolbovaya gold placer district]. Rudy i Metally 3, 31–32. (In Russian)
- Protopopov, P.I.*, 1997. Pozdne mezozoiskie skvoz'strukturnye magmatogenno-metasomaticheskie zony Prikolym'skogo podniatiya i Berezovskoi shovnoi zony i svyaz' s nimi zolotogo orudneniya [Late-Mesozoic magmatic and metasomatic zones of Kolyma terrane and Beryozova shear zone and associated gold mineralization]. In: Zolotoe orudnenie i granitoidnyi magmatizm Severnoi Patsifiki [Gold min-

- eralization and granitoid magmatism of the North Pacific region. Proceedings of conference]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 588–605, (In Russian)
- Protopopov, P.I.*, 2010. Devonskie i melovye granitoidy Prikolymnskogo podnitiia [Devonian and Cretaceous granitoid rocks of Kolyma terrane]. Academy of science of Republic Sakha (Yakutia) Publ., Yakutsk. (In Russian)
- Rundkvist, D. V., Rundkvist, I. K.*, 1994. Metallogeniia na rubezhe stoletii [Metallogeny at the turn of the century]. Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk [Herald of the Russian Academy of Sciences] 64(7), 588–605. (In Russian)
- Savva, N. E., Shakhtyrov, V. G.*, 2011. Zoloto-serebryanoe mestorozhdenie Ol'cha: tektonicheskaia pozitsia, struktura i minera-logicheskaia kharakteristika [The Ol'cha gold-silver deposit: tectonic setting, structure, and mineralogy]. Geologia rudnykh mestorozhdenii [Geology of Ore Deposits] 53(5), 412–433. (In Russian)
- Savva, N. E., Vedernikov, V. N.*, 1989. Novyi tip serebrianoi mineralizatsii na Severo-Vostoke SSSR [New type of silver mineralization on the North-East of the USSR]. In: Geokhimiia i mineralogiia rudnykh mestorozhdenii Severo-Vostoka SSSR [Geochemistry and mineralogy of ore deposits of the North-East of the USSR]. SVKNII DVO AN SSSR Publ., Magadan, 86–97. (In Russian)
- Shakhtyrov, V. G.*, 1996. Kinematicheskaia interpretatsiia struktury zoloto-serebriannogo mestorozhdeniia Ol'cha [Cinematic interpretation of structure of the Ol'cha gold-silver deposit]. In: Mineralogiia i geneticheskie osobennosti mestorozhdenii zolota i serebra [Mineralogy and genesis of gold and silver deposits]. NEISRI FEB RAS, Magadan, 37–38. (In Russian)
- Shcheglov, A. D.*, 1989. Sovremennoe sostoianie teoreticheskikh osnov metallogenii [Modern theoretical basics of the metallogeny]. Institut estestvoznaniia i tekhniki AN SSSR Publ., Leningrad. (In Russian)
- Shcherbakova, I. P., Berezner, O. S., Beus, V. A., Tkachenko, V. I.*, 1988. Dorifeiskii metamorficheskii kompleks v Prikolym'e [Early Precambrian metamorphic complex on the Kolyma region]. In: Magmaticheskie i metamorficheskie komplekсы Severo-Vostoka SSSR i sostavlenie Gosgeol'karty-50 [Magmatic and metamorphic complexes of North-East of the USSR and geological mapping]. SVKNII DVO RAN Publ., Magadan, 75–76. (In Russian)
- Shevchenko, B. F., Goroshko, M. V., Didenko, A. N., Gur'yanov, Y. A., Starosel'tsev, Y. S., Sal'nikov, A. S.*, 2011. Glubinnoe stroyenie, mezozoyskaia tektonika i geodinamika oblasti sochleneniia vostochnoi chasti Tsentral'no-Aziatskogo poiasa i Sibirskoi platformy [The junction of the eastern Central Asian fold belt and the Siberian platform: deep structure and mesozoic tectonics and geodynamics]. Geologia i geofizika [Russian Geology and Geophysics] 52(12), 2122–2131. (In Russian)
- Shevchenko, V. M.*, 2006. Arkhei i proterozoi Omolonskogo massiva. Petrologiia i izotopnyi vozrast [Archean and Proterozoic rocks of the Omolon massif. Petrology and isotope age]. North-East Science Center Publ., Magadan. (In Russian)
- Shpikerman, V. I.*, 1998. Domelovaia minerageniia Severo-Vostoka Azii [Pre-cretaceous metallogeny of Northeastern Asia]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan. (In Russian)
- Sidorov, A. A.*, 1998. Rudnye formatsii i evoliutsionno-istoricheskii analiz blagorodnometall'nogo orudneniia [Ore formations and historical analysis of precious metals mineralization]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan. (In Russian)
- Sidorov, A. A., Chekhov, A. D., Volkov, A. V.*, 2012. O metallogenicheskoi evoliutsii paleookrainnomorskoi litosfery mezozoid Severo-Vostoka Aziii [About metallogenical evolution marginal sea lithosphere (Northeast Russia)]. Vestnik SVNTS DVO RAN [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch] 1, 2–7. (In Russian)
- Sidorov, A. A., Volkov, A. V., Alekseev, V. Yu.*, 2008. O metallogenii kratonnykh terreinov i raionov "pologikh dislokatsii" na Severo-Vostoke Rossi [Metallogeny of craton terranes and "shallow dislocation regions"]. Doklady Akademii Nauk [Doklady Earth Sciences] 423(6), 783–786. (In Russian)
- Sidorov, A. A., Volkov, A. V.*, 2015. Metallogeniia okrainnomorskoi litosfery (Severo-Vostok Rossii) [Metallogeny of the marginal sea lithosphere (Northeast Russia)]. Litosfera [Lithosphere (Russia)] 1, 24–34. (In Russian)
- Smelov, A. P., Timofeev, V. F.*, 2003. Terreinovyi analiz i geodinamicheskaiia model' formirovaniia Severo-Aziatskogo kratona v rannem dokembrii [Terrane analysis and the geodynamic model of the formation of the North Asian craton in the Early Precambrian]. Tikhookeanskaya geologiya [Russian Geology of the Pacific Ocean] 6(22), 42–54. (In Russian)
- Somov, V. F., Kadysheva, E. V., Filatov, V. V.*, 2010. Tektonofizicheskii analiz gravitatsionnogo polia Berezovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniia i prognozno-poiskovye kriterii zolotogo orudneniia, svyazan-

nogo s granitoidnymi massivami [Tectonophysical analysis of gravity field of the Beryozovskoye gold ore deposit and prognostic criteria for granitoid-related gold deposits]. *Litosfera* [Lithosphere (Russia)] 1, 94–102. (In Russian)

Stepanov, V. A., Shishakova, L. N., 1994. Kubakinskoe zoloto-serebrianoe mestorozhdenie [Kuban gold and silver deposit]. *Dal'nauka Publ., Vladivostok*. (In Russian)

Tectonics, geodynamics and metallogeny of the Sakha Republic (Yakutia). 2001. MAIK "Nauka/Interperiodica" Publ., Moscow. (In Russian)

Terekhov, M. I., 1979. Stratigrafia i tektonika iuzhnoi chasti Omolonskogo massiva [Stratigraphy and tectonic of south part of the Omolon massif]. *Nauka Publ., Moscow*. (In Russian)

Tkachenko, V. I., 1992. Dokembriiskie otlozheniia v strukture Prikolym'skogo podniatiia [Precambrian sediments in the structure of the Prikolym'sky uplift]. In: *Regional'naiia geodinamika i stratigrafia Aziatskoi chasti SSSR* [Regional geodynamics and stratigraphy of Asia of the USSR]. VSEGEI Publ., Leningrad, 49–64. (In Russian)

Tkachenko, V. I., Shcherbakova, I. P., 1991. O stroenii i metamorfizme dokembrii Prikolym'ia. Metamorficheskie komplekсы Severo-Vostoka SSSR, ikh rudonosnost' i geologicheskoe kartirovanie [Metamorphic complexes of North-East of the USSR, mineralization and mapping of that]. SVKNII DVO RAN Publ., Magadan, 74–87. (In Russian)

Tret'iakov, F. F., 2004. Rannepaleozoiskie riftovye struktury v osnovanii Verkhoyanskogo skladchatogo poiasa [Early Paleozoic rifts in the basement of the Verkhoyansk fold belt]. *Otechestvennaya Geologiya* 5, 57–60. (In Russian)

Tret'iakov, F. F., 2016. O tektonicheskom stroenii Prikolym'skogo terreina Verkhoyano-Kolym'skoi orogennoi oblasti (strukturno-statisticheskii analiz) [Tectonic structure of the Kolyma terrane of the Verkhoyano-Chukotka orogenic belt, structural-statistic analysis]. *Otechestvennaya Geologiya* 6, 85–90. (In Russian)

Trunilina, V. A., Orlov, Iu. S., Roev, S. P., 2004. Magmaticcheskie assotsiatsii Ujandino-Iasachnenskogo vulkano-plutonicheskogo poiasa i ego geodinamicheskaiia priroda priroda [Magmatic assemblages of Ujandino-Yasachnaya volcanic belt and genesis of that]. *Otechestvennaya Geologiya* 4, 61–67. (In Russian).

Vadkovsky, V. N., 2012. Subvertical congestions of the earthquake hypocenters–seismic “nails”. *Vestnik Otdelenia nauk o Zemle RAN* 4, NZ1001. <https://doi.org/10.2205/2012NZ000110> (In Russian)

Vashchilov, Iu. Ia., 1993. Glubinnaiia struktura, geodinamika i geokinematika Severo-Vostoka Rossii [Deep structure, geodynamics and geocinematics of North-East of the Russia]. In: *Struktura i geokinematika litosfery Vostoka Rossii* [Structure and geocinematics of East of the Russia]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 19–43. (In Russian)

Vashchilov, Iu. Ia., Kabak, I. B., Kotliar, I. N., Sakhno, O. V., Zimmikova, T. P., Gaidai, N. K., Tsvetkova, L. N., 1999. Osobennosti glubinnogo stroeniia i veshchestvennogo sostava porod nekotorykh zolotorudnykh proiavlennii i mestorozhdenii Omolonskogo massiva [Some features of deep structure and rocks composition of some gold deposits and occurrences of the Omolon massif]. *Glubinnaiia tektonika i voprosy seismologii, metallogenii, neftegazonosti Vostoka Rossii* [Deep tectonics, seismology, metallogeny and petroleum potential of East of the Russia]. NEISRI FEB RAS Publ., Magadan, 103–143. (In Russian)

Vol'fon, F. I., Iakovlev, P. D., 1975. Struktury rudnykh polei i mestorozhdenii [The structures of ore deposits]. *Nedra Publ., Moscow*. (In Russian)

Zhatnuev, N. S., 2016. Transmantiinye (intratelluricheskie fluidy): novaia model' plyumov i plyumovogo magmatizma [Transmantle (intratelluric) fluid flows: a new model for plumes and plume magmatism]. *Geologia i geofizika* [Russian Geology and Geophysics] 57(8), 1135–1142. (In Russian)

Zhulanova, I. L., 1990. Zemnaia kora Severo-Vostoka Azii v dokembrii i fanerozoie [The Earth crust of North-East of the Asia in Precambrian and Phanerozoic ages]. *Nauka Publ., Moscow*. (In Russian)

Znamenskii, S. E., Znamenskaia, N. M., 2011. Rudovmeshchaisushchie transtensivnye dupleksy zoloto-kvartsevykh i zoloto-sul'fidnykh mestorozhdenii Iuzhnogo Urala [Ore-hosted tension duplexes of orogenic gold deposits of the Ural]. *Litosfera* [Lithosphere (Russia)] 1, 94–105. (In Russian)

Received: June 18, 2018

Accepted: March 18, 2019

Author's information:

Anton N. Glukhov — gluhov76@list.ru