

**МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ЗОЛОТОНОСНЫХ РАЙОНОВ  
ЮЖНОГО И ВОСТОЧНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СЕВЕРО-АЗИАТСКОГО КРАТОНА  
(ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ,  
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ)**

*В.Г. Хомич, И.И. Фатьянов, Н.Г. Борискина*

*ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159,  
г. Владивосток, 690022; e-mail: khomich79@mail.ru*

Поступила в редакцию 22 июня 2012 г.

Крупные рудно-россыпные районы южного и восточного обрамления Северо-Азиатского кратона (Бодайбинский, Верхнеселемджинский, Южно-Верхоянский, Тенькинский) обладают рядом общих признаков: приуроченностью к участкам пониженной мощности земной коры и градиентным зонам поля силы тяжести, трассирующимся глубинными разломами; складчато-надвиговым строением терригенно-черносланцевых толщ; филлитовым, зеленосланцевым, иногда эпидот-амфиболитовым метаморфизмом рудовмещающих пород; сложной и продолжительной историей концентрирования Au, выраженной в последовательно-ступенчатой смене рудоподготовительных этапов рудогенерирующим. Последний пространственно и во времени сопряжен с проявлениями орогенного (вулcano-плутонического) магматизма, продуцировавшего оруденение золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-черносланцевой, золото-редкометалльной, золото-серебряной формаций. С особенностями их пространственных соотношений (совмещенность-наложенность или латеральная зональность) коррелируют масштабы концентрирования благородных металлов, промышленная значимость месторождений и металлогенический потенциал регионов. Выявленные признаки сходства в формировании и строении сопоставляемых районов предлагается учитывать при выборе новых перспективных площадей и прогнозной оценке потенциально золотоносных территорий в обрамлении Северо-Азиатского и других кратонов.

**Ключевые слова:** золотоносные рудно-россыпные районы, металлогенический потенциал, черносланцевая формация, Восток России.

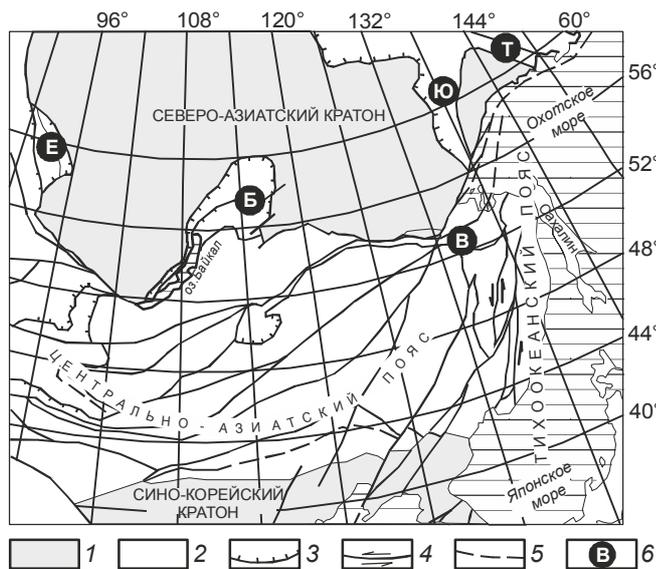
**ВВЕДЕНИЕ**

Северо-Азиатский кратон обрамляется Центральнo-Азиатской и Верхояно-Колымской складчатыми системами (рис. 1), характеризующимися высоким уровнем золотоносности [9, 10, 12, 21]. Здесь известны разные геолого-генетические типы месторождений [26, 27]. В последние десятилетия все большее внимание специалистов привлекают площади, сложенные углеродистыми терригенно-сланцевыми толщами, к которым приурочены большие объемные золоторудные объекты. Представляется интересным провести сравнительный анализ таких площадей, поскольку они характеризуются как общими чертами развития, так и некоторыми специфическими особенностями. Из многочисленных

благороднометалльных ареалов обрамления кратона рассмотрим наиболее крупные рудно-россыпные районы (рис. 1).

**ФАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Бодайбинский район** (рис. 2) расположен в одноименном синклинии, который в геодинамическом отношении принадлежит перикратонной пассивной континентальной окраине, подвергшейся значительным структурным и метаморфическим преобразованиям, с пониженной (35–37 км) мощностью земной коры и наличием локального (флюидонасыщенного) мантийного выступа в 7–10 км [17]. Район приурочен к сопряжению субширотной Байкало-Элькон-Улканской градиентной зоны поля силы тяжести I-ого порядка с субмеридиональной Вилкойско-Бодай-



**Рис. 1.** Схема размещения крупных золотоносных рудно-россыпных районов в обрамлении Северо-Азиатского кратона.

1 – кратоны и их фрагменты; 2 – разновозрастные орогенные пояса; 3 – надвиги; 4 – сдвиги; 5 – прочие разломы; 6 – рудно-россыпные районы: Б – Бодайбинский (Ленский), В – Верхнеселемджинский, Е – Северо-Енисейский, Т – Тенькинский, Ю – Южно-Верхоянский (Аллах-Юньский).

бинской градиентной зоной II-ого порядка [22, 25]. На его площади распространены углеродистые рифейско-вендские карбонатно-терригенные отложения мощностью 14–18 км, смятые в линейные складки, осложненные многочисленными взбросо-сдвигами, надвигами и куполообразными сооружениями. При этом породы подверглись региональному метаморфизму, проявленному с разной степенью интенсивности – от филлитовой ступени до эпидот-амфиболитовой. Осадочный чехол прорван позднепалеозойскими гранитоидами мамского и конкудеро-мамаканского, а также пестрыми по составу дайками аглан-янского и кадали-бутуинского комплексов.

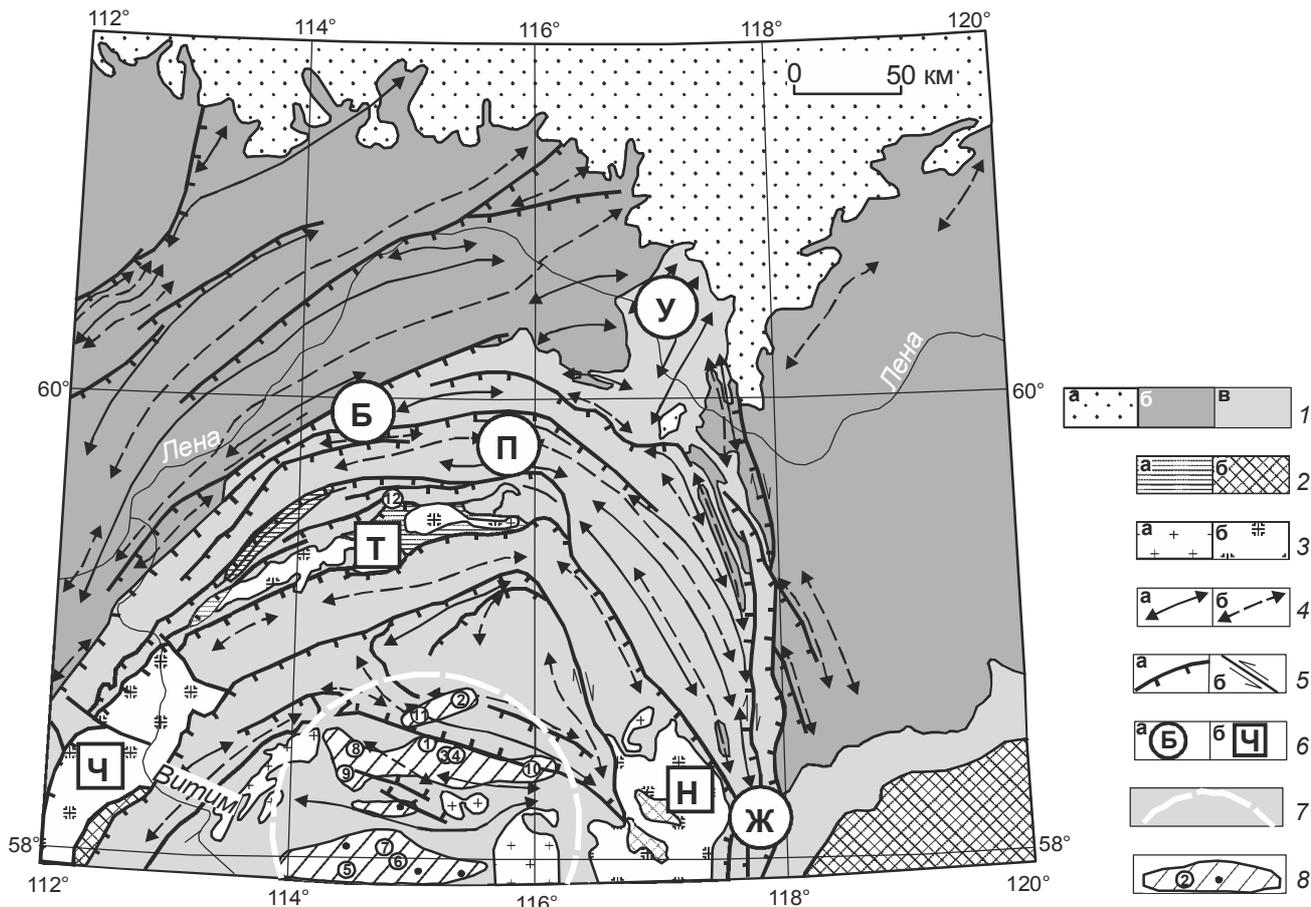
В истории образования благороднометалльных концентраций исследователи [14, 16] выделяют синседиментационный, синскладчатый, синметаморфический рудоподготовительные и сингранитный рудогенерирующие этапы, охватывающие время от палеопротерозоя до позднего карбона (900–700 – 320–290 млн лет). Обратим внимание, что на площади синклинория “... в участках со спокойным моноклинальным залеганием пород значительных концентраций золота не встречено” [1, с. 35]. Рудный этап, по А.И. Иванову [14], связан с позднепалеозойской тектоно-магматической активностью, обусловившей внедрение конкудеро-ма-

маканских гранитоидов. В ореолах гранитоидных массивов размещены золотоносные минерализованные зоны, а также отмечаются золото-шеелит-кварцевые, турмалин-кварцевые и висмутин-кварцевые жилы. Э.Н. Лишневицкий и В.В. Дистлер [17] главную роль в формировании благороднометалльного оруденения отводят Угаханскому гранитному криптобатолиту, кровля которого находится на глубине 33.2 км от современной поверхности. Криптобатолит, в свою очередь, является сателлитом Ангаро-Витимского “ареал-плутона”, образование которого М.И. Кузьмин, В.В. Ярмолюк с соавторами [16, 30] соотносят с деятельностью мантийного плюма, обусловившего в позднем палеозое масштабные анатектические и рудогенерирующие процессы.

Жильно-прожилковое и гнездово-вкрапленное оруденение района сосредоточено в нескольких рудных узлах: Артемовском, Кевактинском, Кропоткинском, Мараканском, Тунгусском, Хомолхинском и др. Минерализацию узлов причисляют к золото-кварцевому, золото-сульфидно-кварцевому, золото-черносланцевому формационным типам [14].

При детальном минералогическом исследовании золотоносных зон района установлено более 75 рудных минералов, на долю которых приходится 3–5 % рудной массы. Преобладает пирит. Постоянно встречаются галенит, сфалерит, минералы системы Fe-Ni-S; более редки молибденит, вольфрамит, шеелит, арсенопирит, пирротин, тетраэдрит, кубанит; теллуриды и селениды представлены единичными находками [13]. Минерализация сопровождается серицитизацией, мусковитизацией, карбонатизацией, окварцеванием и сульфидизацией вмещающих пород.

Из известных золоторудных объектов района самым крупным является месторождение Сухой Лог, расположенное в пределах Кропоткинского узла. Объект приурочен к опрокинутой на юг субширотной антиклинали с узким сжатым замком, осложняющей северное крыло Маракано-Тунгусской синклинали [1]. По экономическим показателям месторождение относится к категории большеобъемных и характеризуется золото-платиновой минерализацией [13]. Оруденение приурочено к зонам смятия, фиксируемым в геофизических и геохимических полях в виде аномальных зон протяженностью в несколько километров и мощностью в десятки, иногда сотни метров. Самым распространенным рудным минералом месторождения является пирит, наблюдающийся в золотоносных зонах в виде разноразмерной вкрапленности и желвакоподобных обособлений. На другом объекте – месторождении Чертово Корыто (Кевактинский узел) – в переменных, но сопоставимых



**Рис. 2.** Тектоно-металлогеническая схема Байкало-Патомского складчато-надвигового пояса. По А.В. Прокопьеву, А.В. Дейкуненко [21] и А.И. Иванову [14], с дополнениями.

1 – стратифицированные отложения: а – юрские, б – нижне-, среднепротерозойские, в – рифей-вендские; 2 – магматогенно-метаморфогенные образования: а – нижнепротерозойские, б – архейские; 3 – гранитоиды: а – палеозойские, б – протерозойские; 4 – оси складчатых форм: а – антиклиналей и антиклинориев, б – синклиналей и синклинориев; 5 – разломно-надвиговые зоны: а – надвиговые, б – сдвиговые; 6 – крупные структурные подразделения: а – системы надвигов (Б – Байкало-Патомская, Ж – Жуинская) и складчатых сооружений (П – Патомский синклинорий, У – Уринский антиклинорий), б – поднятия (Н – Нечерское, Т – Тонодское, Ч – Чуйское); 7 – условный контур (белая линия) Бодайбинского рудно-россыпного района; 8 – основные золото-россыпные площади (заштриховано), включающие золоторудные месторождения (белые кружки) и золотоносные минерализованные площади (черные точки). Цифры в кружках (1–12) – месторождения: 1 – Сухоложское, 2 – Высочайшее, 3 – Вернинское, 4 – Невское, 5 – Кавказ, 6 – Копыловское, 7 – Догадлынская жила, 8 – Ожерелье, 9 – Ыканское; 10–11 – потенциальные месторождения: Светловское (10), Верхнеуаганское (11); Чертово Корыто (12).

с пиритом количествах, встречаются пирротин и арсенопирит в составе пирит-пирротиновой и пирит-пирротин-арсенопиритовой ассоциаций [1, 14]. В отмеченных сульфидах месторождений присутствуют субмикроскопические зерна халькопирита, галенита, сфалерита, золота. Выделяется несколько генераций пирита – осадочно-диагенетическая, метаморфическая, гидротермально-метасоматическая, гипергенная.

**Верхнеселемджинский** рудно-россыпной район (рис. 3) расположен в пределах Тукуринграджагдинского (ТД) террейна, одного из фрагментов палеозойской аккреционной призмы Монголо-

Охотья [9]. Район приурочен к сопряжению градиентных зон поля силы тяжести I и II порядков: субширотной – Монголо-Охотской и субмеридиональной – Западно-Туранской [25, 27]. Селемджинский участок ТД террейна с севера и юга ограничен субширотными глубинными разломами Южно-Тукурингским (Ланским) и Пауканским, отделяющими его соответственно от Удско-Шантарского и Бурейнского террейнов. С востока от мезозойского Ульбанского террейна он отделен системой субмеридиональных разломов, вероятно трассирующих восточный фланг Западно-Туранской градиентной

зоны. Мощность земной коры в пределах золотоносного района оценивается в 35 км [22].

Площадь района сложена мощной толщей терригенных осадков карбона, содержащей пачки вулканогенных и кремнистых пород, блоки известняков. Характерно присутствие горизонтов с повышенным содержанием углеродистого вещества: в слабо метаморфизованных осадках – черносланцевых флишюидов, в метаосадках – графитизированных зеленых сланцев. Толща, ориентировочной мощностью 7–14 км, подразделена на афанасьевскую, талыминскую, сагурскую, златоустовскую, токурскую, экимчанскую, амнускую свиты. Присутствие в разрезе разнотипных по происхождению пачек свидетельствует о тектоническом пакетировании (торошении) надвиговых пластин при формировании аккреционной призмы. Перекрывают призму триасовые, юрские, меловые молассоидные осадки и вулканиты, выполняющие узкие линейные грабенообразные структуры, а “сшивают” – разнообразные по составу интрузивы позднего палеозоя и мезозоя.

Осадочные накопления района дислоцированы с образованием линейных складок, а также чешуйчато-надвиговых и куполовидных структур. Складчатость линейного типа осложнена развитием сжатых и опрокинутых складок. Породы при этом подверглись метаморфизму. На левобережье р. Селемджи метаморфические преобразования достигают уровня эпидот-амфиболитовой фации в сводах куполов, в межкупольных же погружениях и линейных складках – фации зеленых сланцев. На большей же части правобережья наблюдаются более слабые изменения пород, обычно отвечающие самой низкой, филлитовой, ступени метаморфизма.

В истории формирования Верхнеселемджинского золотоносного района выделяются этапы седиментации, складчатости и метаморфизма. Выше, на примере Бодайбинского района отмечено [14, 16], что такие этапы являются рудоподготовительными, поскольку с процессами седиментогенеза, складкообразования и метаморфизма связано перераспределение благородных металлов и накопление их в промежуточных коллекторах. Рудогенерирующим для Верхнеселемджинского района следует считать этап позднемезозойской тектоно-магматической активности, обусловленной коллизионно-сдвиговым взаимодействием крупных литосферных плит: Северо-Азиатского кратона и Амурского микроконтинента. С проскальзыванием плит связывают образование Умлекано-Огоджинского вулcano-плутонического пояса, специализированного на Au, Ag, Cu, Bi, W, Mo, Sn [9, 23, 27]. Верхнеселемджинский район находится на восточном фланге этой субширотной тектоно-

магматической структуры. Формирование мелового вулcano-плутонического комплекса в пределах района происходило в обстановке синсдвигового растяжения, присущей трансформным континентальным окраинам [9]. Комплекс включает андезитоиды вулканических покровов, гранитоиды малоглубинных-гипабиссальных массивов, диоритоиды самостоятельных малых интрузий [23].

Оруденение района, относящееся к золото-кварцевому малосульфидному, золото-черносланцевому, а также золото-серебряному типам, парагенетически связано с меловым вулcano-плутоническим комплексом. Месторождения располагаются в слабо метаморфизованных породах токурской и экимчанской (Токур, Иннокентьевское, Тарнах и др.) и в метаосадках сагурской, златоустовской, талыминской и афанасьевской свит (Харга, Албын, Сагур, Маломыр и др.). Известны проявления в позднепалеозойских гранитоидах (Ингагли, Верхнемынское). Минерализация сосредоточена как в кварцевых жилах, так и в метасоматических зонах окварцевания и сульфидизации, сопровождающихся прожилково-вкрапленными ореолами. При широком развитии в рудных полях сульфидизированных метасоматических зон некоторые месторождения района могут рассматриваться как большеобъемные (Албын, Маломыр). В рудных телах, помимо кварца, отмечаются серицит, анкерит, кальцит, изредка адуляр. Из сульфидов распространены арсенипирит и пирит, отмечаются также халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит, блеклые руды. Иногда в заметных количествах присутствуют антимонит (Ленинское) и шеелит (Унгличикан, Харга, Токур).

Одним из перспективных золоторудных объектов района является месторождение Маломыр, приуроченное к метаосадкам златоустовской свиты, смятым в субширотную антиклинальную складку. В.А. Буряком и А.Е. Пересториним [2] в рудах месторождения зафиксировано присутствие Pt и Pd, и оно отнесено этими исследователями к объектам сухоложского типа. В рудном поле проявлены разноориентированные зоны повышенной трещиноватости, связанные с активизацией субмеридионального Западно-Туранского и субширотного Пауканского глубинных разломов. Золотое оруденение сосредоточено в основном в Диагональной зоне минерализации. Последняя представляет собой серию сближенных надвигов (рис. 4), протяженностью более 6 км и мощностью 100–300 м, косо ориентированных к субширотной осевой поверхности антиклинали. Рудовмещающими являются березито- и листовитоподобные метасоматиты в рассланцованных метаосадках златоустовской свиты и позднепалеозойских плагиогранитах

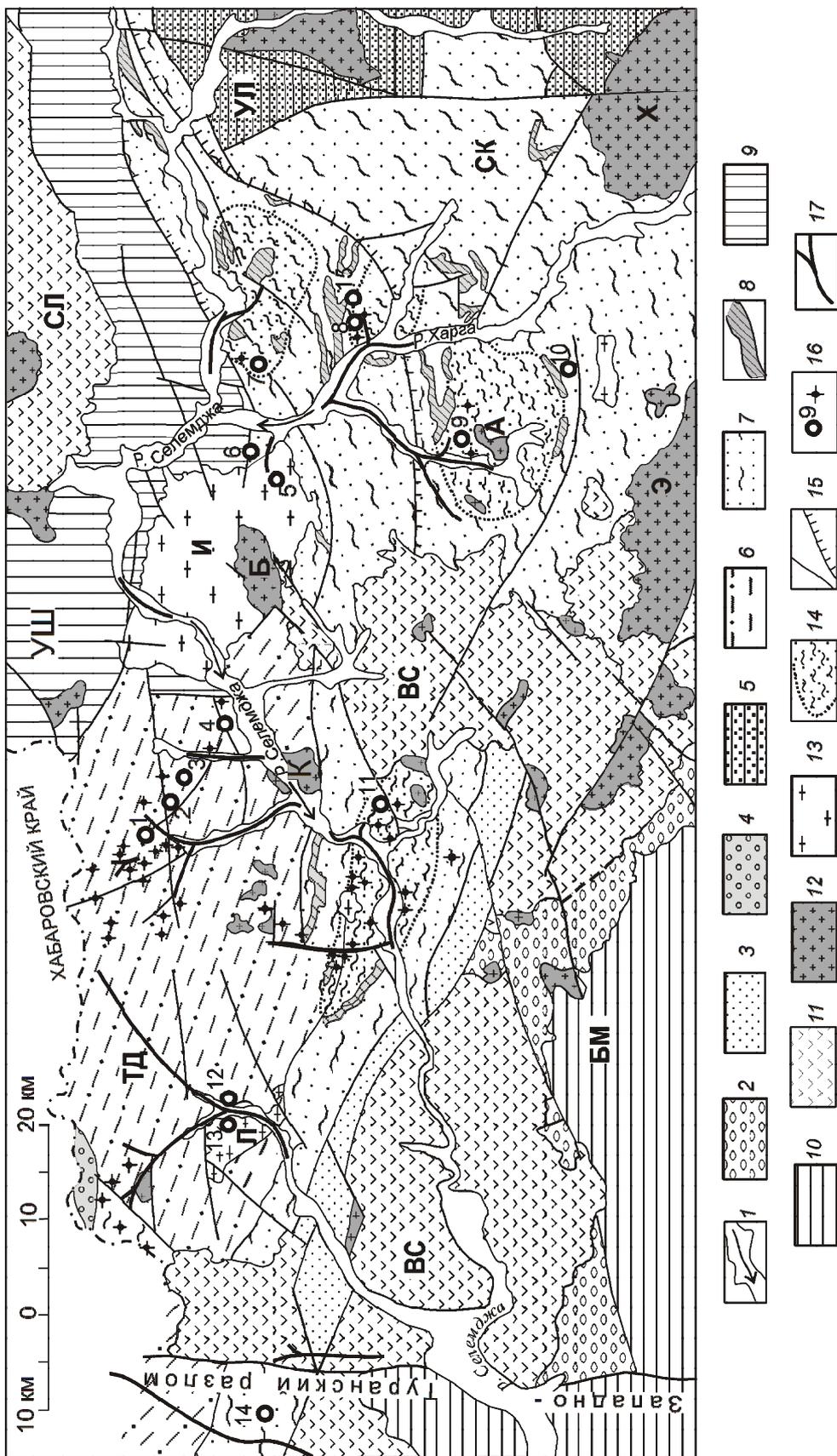
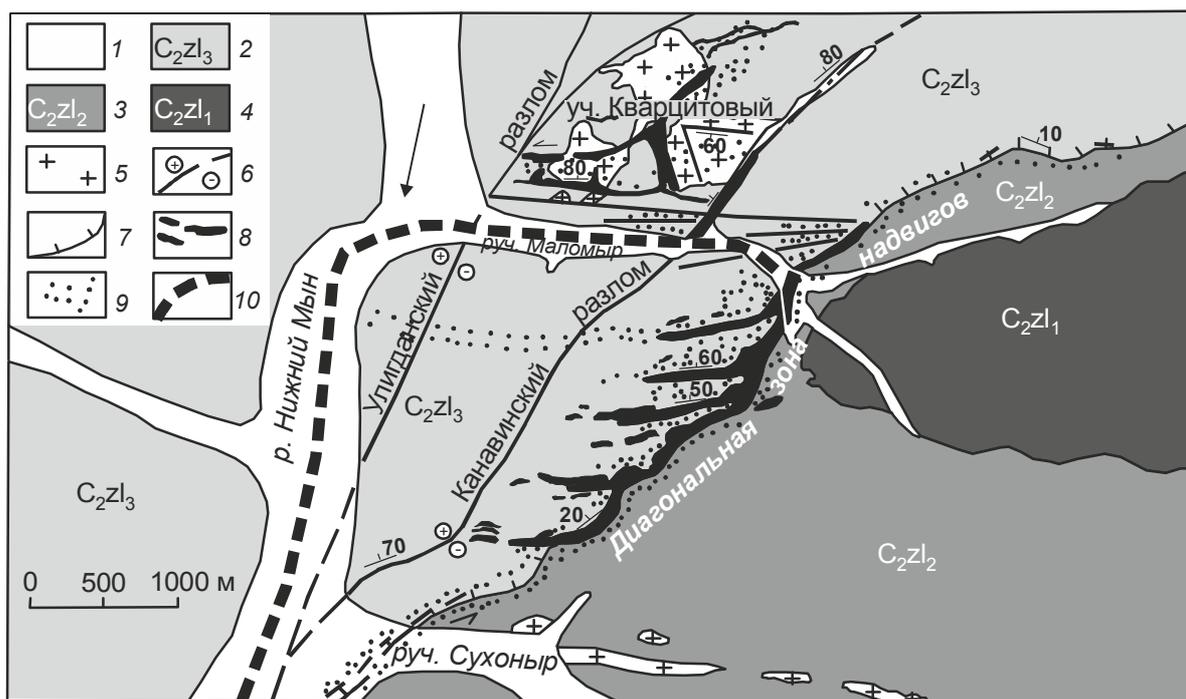


Рис. 3. Геотектоническая схема Верхнеселенджинского рудно-розыльного района.

1 – четвертичные отложения; 2–4 – молассоидные комплексы: 2 – раннемеловой угленосный (Огоджинский грабен), 3 – юрский (Стойбинский грабен), 4 – триасовый (Маринский грабен); 5 – юрские турбидиты Ульбанского (УЛ) террейна; 6–9 – аккреционные призмы Тукурингро-Джадинского (ТД) и Удско-Шантарского (УШ) террейнов; 6 – отложения среднего и верхнего карбона, 7 – метасадки нижнего и среднего карбона (зеленосланцевая фация), 8 – зеленокаменные породы по палеозойским вулканогенным и интрузивным образованиям, 9 – девонские отложения; 10 – протерозойско-палеозойские образования Бурейнского (БМ) террейна; 11–12 – магматические образования мелового возраста: 11 – вулканы Верхнеселенджинской (ВС) и Селитканской (СЛ) зон, 12 – гранитоидные массивы (А – Афанасьевский интрузия, Б – Брюс, К – Карауракский, Х – Харгинский, Э – Эзопский); 13 – позднепалеозойские гранитоидные массивы (И – Ингалтинский, Л – Лукачекский); 14 – метаморфические куполовидные сооружения; 15 – разломы и надвиги (бергштрихи); 16 – месторождения и проявления золотого (1 – Разведочное, 2 – Иннокентьевское, 3 – Токурское, 4 – Тарнахское, 5 – Ингалтинское, 6 – Ясенское, 7 – Унгличканское, 8 – Харгинское, 9 – Афанасьевское, 10 – Ленинское, 11 – Сагурское, 12 – Ворошиловское, 13 – Верхнемыльское, 14 – Маломырское, 15 – Альбьинское); 17 – золотоносные россыпи.



**Рис. 4.** Схематическая геологическая карта Маломырского золоторудного поля. По [2] и материалам геологической службы УК “Петропавловск” с некоторыми изменениями и дополнениями.

1 – четвертичные делювиально-аллювиальные отложения; 2–4 – дислоцированные породы разных пачек златоустовской свиты, C<sub>2</sub>zl: верхней (2), средней (3), нижней (4); 5 – позднепалеозойские магматические образования (златоустовский комплекс): субластовые тела плагиогранитов; 6–7 – разрывные нарушения: крутопадающие разломы (6) и надвиги (7) с указанием элементов залегания и типа перемещения крыльев; 8 – золотоносные минерализованные зоны дробления; 9 – ореолы березито- и листвениноподобных метасоматитов; 10 – россыпь золота.

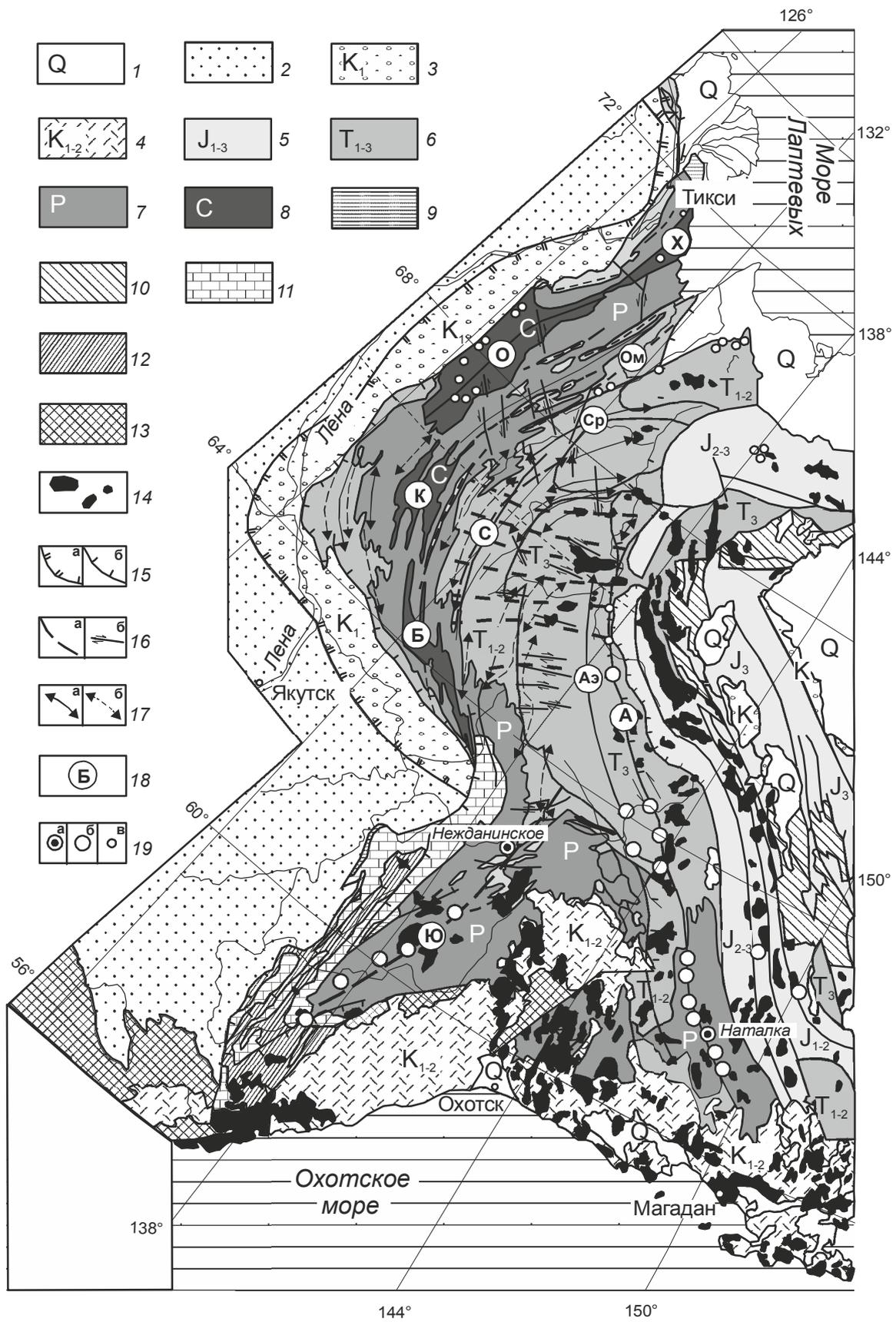
одноименного комплекса. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение приурочено к зонам дробления и катаклаза. В участках повышенной дислоцированности и углеродистости златоустовской свиты золото-сульфидную минерализацию содержат также и метасоматиты.

Кварц составляет до 85 % рудной массы известных золотоносных зон. Вместе с другими нерудными минералами (Mg-Fe карбонатами, кальцитом, альбитом, хлоритом, серицитом, адуляром, баритом) он выполняет маломощные (до 2 см) разноориентированные секущие и послойные прожилки. Содержание рудных минералов в зонах редко превышает 1.5–3 %. Среди сульфидов резко (95–99 %) преобладают пирит и арсенопирит. Изредка встречаются мелкие зерна халькопирита, пирротина, галенита, сфалерита, блеклых руд, аргентита, золота, иногда шеелита. Пирит более распространен в участках, приуроченных к углеродистым пелитовым породам, арсенопирит – к полимиктовым метапесчаникам [2, 19]. Сульфиды в виде тонких линзующихся прожилков (мощностью до 5 мм, редко более) и мелких рассеянных вкрапленных (размером до 1 мм) сосредоточены в послойных,

послойно-кливажных и секущих трещинках, а также в основной массе пород. Самородное золото, пробностью 760–880 ‰, в большинстве своем мелкое и очень мелкое – 0.003–0.07 мм. До 85 % золота заключено в кварце, остальное содержится в сульфидах. Количество тонкодисперсного золота в первичных рудах доходит до 75 %, в окисленных – до 30 % [4].

На участке Кварцитовом этого месторождения проявлено также и более позднее золото-серебряное оруденение. Оно приурочено к кварц-полевошпатовым брекчиям, занимающим секущее положение по отношению к золото-сульфидно-кварцевым зонам. Для руд характерно видимое золото [2, 4]. Влияние золото-серебряного оруденения на золото-сульфидно-кварцевую минерализацию подтверждается присутствием в зонах серебросодержащих минералов. Таким образом, золотое оруденение месторождения Маломыр является полигенным: на минерализацию метаморфогенно-гидротермального типа наложено вулканогенно-гидротермальное оруденение, связанное с формированием Умлекано-Огоджинского пояса.

**Южно-Верхоянский (Аллах-Юньский)** рудно-россыпной район (рис. 5) расположен в одно-



именном синклинии – крупной тектонической структуре Яно-Колымской складчатой системы [10, 12, 28, 29]. Синклиний вытянут в субмеридиональном направлении и сложен отложениями карбона, перми, триаса и юры, интенсивно дислоцированными и смятыми в линейные, иногда сундучные складки. Общая мощность терригенной толщи – до 10 км [10].

Золоторудные месторождения на его площади (Нежданинское, Восход, Булар, Задержнинское, Юр, Курун-Юрх) располагаются в виде цепочки, трассируя на расстояние более 500 км глубинный разлом субмеридионального простирания. На современной поверхности разлом фиксируется широкой (до первых километров) полосой сближенных нарушений сколового типа, дайками среднего состава, повышенной дислоцированностью осадочного чехла. По данным гравиметрии упомянутый разлом интерпретируется как сброс, по которому кристаллический фундамент восточного крыла опущен относительно западного примерно на 1.5–2 км [3, 20]. Можно предполагать, что смещению фундамента соответствует и гравитационная ступень в поле силы тяжести. Примечательно, что расположенная северо-восточнее Адыча-Эльгинская зона пологих дислокаций характеризуется слабой золотоносностью.

Изученное лучше других Нежданинское месторождение [6, 7, 18, 20 и др.] расположено в той части Южно-Верхоянского синклиория, которая попадает в зону влияния Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП). Осадки синклиория на этом участке смяты в субмеридиональную антиклинальную складку коробчатого типа, в ядре которой обнажаются нижнепермские, а на крыльях – верхнепермские терригенные породы. На площади месторождения складка деформирована и превращена в сжатую, опрокинутую к юго-западу и развернутую по азимуту 240° антиклиналь протяженностью в несколько километров. Южнее и севернее рудного поля простира-

ние этой структуры сохраняется субмеридиональным, при этом в южном направлении осевая поверхность складки испытывает погружение и периклинальное замыкание.

Месторождение расположено в своде опрокинутой антиклинали. Строение рудного поля осложнено долгоживущими субмеридиональным и субширотным глубинными разломами, а также северо-восточными и северо-западными нарушениями [20]. Горстообразный блок нижнепермских осадков, к которому приурочено оруденение, подвергся интенсивному динамометаморфизму. В дислоцированных терригенных породах произошло образование обширных зон повышенной проницаемости, которые не только служили каналами для фильтрации флюидов, но и являлись благоприятными для рудолокализации структурами.

Нижнепермские осадки рудного поля, общей мощностью более 2000 м, отнесены к двум свитам: расланцованных алевролитов и углистых алевроаргиллитов, разделенных маркирующей 150-метровой пачкой песчаников. По [18], рудовмещающие породы характеризуются повышенным содержанием органического вещества – 1–5 %. Магматические образования на площади месторождения представлены редкими штоками и дайками преимущественно среднего состава.

Формирование месторождения протекало в три этапа [6, 7]. В первый (метаморфогенно-гидротермальный) возникли обширные жильно-прожилковые ореолы кварца с убогосульфидной минерализацией и низкими содержаниями золота. Во второй (гидротермальный) в зонах дробления-смятия, приуроченных к метаморфогенно-гидротермальным ореолам окварцевания и сульфидизации, произошло образование золото-кварцевых жил с арсенопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом, блеклыми рудами, халькопиритом, шеелитом, антимонитом. В заключительный этап были образованы кварцевые прожилки с

**Рис. 5.** Тектоно-металлогеническая схема восточного обрамления Северо-Азиатского кратона (Верхояно-Колымская складчатая система). По А.В. Прокопьеву, А.В. Дейкуненко [21], В.И. Гончарову и др. [11], с изменениями и дополнениями.

1 – неоген-четвертичные отложения, нерасчлененные; 2 – осадочный чехол Сибирской платформы, нерасчлененный; 3 – отложения Приверхоянского краевого прогиба и других депрессий; 4 – вулканогенные образования Удско-Мургальского и Охотско-Чукотского поясов, нерасчлененные; 5–12 – разновозрастные стратифицированные отложения: 5 – позднемезозойские (J<sub>1-3</sub>), 6 – раннемезозойские (T<sub>1-3</sub>), 7–11 – палеозойские: 7 – пермские (P), 8 – каменноугольные (C), 9 – среднепалеозойские, 10 – нижнепалеозойские, 11 – венд-нижнепалеозойские, 12 – рифейские; 13 – гранит-метаморфические образования Алданского щита и Охотского массива; 14 – мезозойские гранитоиды; 15 – границы осадочных бассейнов (а) и надвигов (б); 16 – крупные крутопадающие тектонические системы (а) и локальные сдвиги (б); 17 – оси крупных складчатых форм: антиклинорий и антиклиналей (а), синклинорий и синклиналей (б); 18 – буквами в кружках обозначены: Аэ – Адыча-Эльгинский, Б – Бараинский, К – Куранахский, О – Орулганский, Ср – Среднеянский, Х – Хараульский *антиклинорий*; Ом – Омолойский, С – Сартангский; Ю – Южно-Верхоянский *синклиорий*; А – Адыча-Тарынская зона разломов; 19 – золоторудные и золотосодержащие месторождения: очень крупные (а), крупные и средние (б), прочие, в т.ч. неоцененные рудопроявления (в).

серебро-полиметаллической минерализацией (пираргирит, фрейбергит, овихиит, сфалерит, галенит, арсенопирит, пирит, низкопробное золото), ортогональные к золотоносным рудным зонам. Особенности формирования месторождения позволили Г.Н. Гамянину с соавторами отнести его к полиформационным объектам [6, 7]. Другие исследователи, сравнивая Нежданинское месторождение с крупными объектами Северо-Востока России, расположенными в перивулканической зоне ОЧВП, относят его к большеобъемным и считают полихронным [5].

О длительном и сложном формировании Аллах-Юньского рудно-россыпного района свидетельствует оруденение расположенного южнее Задержнинского месторождения. Золото-кварцевые жилы и минерализованные зоны дробления приурочены здесь к субширотной системе разломов в терригенных осадках нижней перми. По М.К. Силичеву и Н.В. Белозерцевой (1993 г.), Задержнинское рудное поле располагается над прогибом кровли крупного гранитоидного массива. Количество рудных минералов, представленных в основном сульфидами (арсенопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом, в меньшей мере халькопиритом и пирротинном), не превышает 5 %. При широкой вариации пробности золота 261–935 ‰ большая часть его имеет 700–800 ‰ [15]. Присутствие в рудном поле кюстелита, электрума, пираргирита, полибазита, диафорита, сульфидов серебра указывает на проявление более поздней золото-серебряной минерализации, вероятно, связанной с тектоно-магматической активностью в период формирования ОЧВП.

**Тенькинский** рудно-россыпной район (рис. 5) находится в южной части Аян-Юряхского антиклинория, принадлежащего Яно-Колымской складчатой системе [12, 23, 28], и также “попадает” в периферическую зону влияния Удско-Мургальского и Охотско-Чукотского вулканоплутонических поясов. Он включает Пионерский и один из крупнейших на Северо-Востоке России Омчакский золотоносные узлы, приуроченные к Тенькинской антиклинали. Последняя трассируется одноименным глубинным разломом, который, при малоамплитудности перемещений пород верхнего структурного этажа, фиксируется аномалиями Δg. Геофизические данные интерпретируются в пользу существования валообразного поднятия кристаллического фундамента [3], которое может быть обусловлено соответствующим мантийным выступом, фиксируемым гравитационными ступенями в поле силы тяжести.

Район сложен морскими терригенными осадками перми и триаса общей мощностью 6–7 км. В пермской части разреза преобладают углистые ар-

гиллиты, алевропелиты и алевролиты с пакетами флишоидов и слоями оползневых брекчий, что указывает на их формирование в обстановке континентального склона окраинноморского бассейна [11, 28, 29]. Триасовые отложения представлены преимущественно флишоидным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, сменяющимся вверх по разрезу пластами алевролитов и аргиллитов. Породы осадочного чехла почти повсеместно обогащены углистым веществом, концентрация которого достигает 1.5–2.0 % [11]. Чехол прорван юрско-меловыми телами разноглубинных гранитоидов и дайками пестрого состава. Выделены три магматические серии: позднеюрско-раннемеловая, меловая и позднемеловая, которым отвечают диорит-гранодиоритовая, диорит-гранитовая и гранит-риолитовая ассоциации [8, 11, 12].

Терригенные отложения района подверглись региональному и контактовому метаморфизму. Наиболее интенсивные изменения проявлены в тектонически-ослабленных зонах, часто приуроченных к ядрам антиклиналей. Регионально измененные породы относятся к зеленосланцевой и амфиболитовой фациям метаморфизма и являются составной частью метаморфического пояса мезозойд Колымы [10]. К ядрам антиклиналей тяготеют также и гранитоидные массивы с ореолами ороговикования, достигающими в отдельных случаях нескольких десятков километров в поперечнике. Концентрации золота обычно приурочены к зонам зеленосланцевого метаморфизма, отмечаются они также и в ореолах ороговикования вокруг гранитоидных массивов.

В пределах рудно-россыпного района выделяется три формационных типа благороднометалльной минерализации: золото-кварцевый, золото-редкометалльный и золото-серебряный [11]. Первый – раннемеловой, распространенный повсеместно, приурочен к зонам зеленосланцевого метаморфизма, второй – меловой, проявленный локально, тяготеет к полям развития гранитоидных массивов, третий – позднемеловой, отмечаемый спорадически, сопряжен с процессами активизации в перивулканической зоне ОЧВП.

Оруденение золото-кварцевого типа представлено прожилково-жильными, штокверковыми зонами, а также – дробления-смятия, сопровождающимися обширными ореолами гидротермально измененных пород. В жилах, помимо преобладающего кварца, в переменных количествах отмечаются карбонаты, альбит, адуляр, серицит. Рудная минерализация обычно представлена двумя ассоциациями: ранней арсенопирит-пиритовой (с дисперсным и тонким золотом) и поздней полиметаллической (с халькопиритом)

том, сульфосолями, золотом). Отмечаются также шелифит и антимонит. Количество сульфидов в гидротермально измененных породах может достигать 0.5–1.0, в рудных телах 3–5 %. Присутствие в рудных полях золото-висмутовой или серебро-полиметаллической минерализации свидетельствует о проявлении оруденения редкометалльного, либо золото-серебряного типа.

Самым крупным объектом в районе (по запасам металла) является Наталкинское месторождение, приуроченное к черносланцевым толщам перми. Его относят к большеобъемным с полихронной историей формирования [11, 12]. Интенсивный метасоматоз на площади рудного поля с образованием углеродистых ореолов с пиритом и тонким золотом проявился вдоль тектонически-ослабленных зон в доаккреционный этап, в синаккреционный – в углеродистых ореолах возникли золото-кварцевые прожилково-жилые зоны с пиритом, арсенопиритом и полиметаллами, в постаккреционный – адуляр-кварцевые (с электрумом) жилы, прожилки и сульфидная вкрапленность. Менее крупные месторождения района (Павликовское, Омчакское, Игуменовское, Клин, Родионовское, Школьное) также в той или иной степени несут признаки многоэтапности формирования. Некоторые исследователи полагают, что в рудных узлах Верхояно-Колымской складчатой области был задействован и элизионно-катагенетический механизм формирования золотого оруденения [24].

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Изложенные материалы по геологии рудно-россыпных районов южного и восточного обрамления Северо-Азиатского кратона позволяют провести их сравнительный анализ. Его предлагается провести раздельно для южного и восточного обрамления кратона с последующей интеграцией полученных результатов.

Обнаруживается сходство Бодайбинского и Селемджинского золотоносных районов по целому ряду разнотипных характеристик. Оно проявляется: в геотектоническом положении (в участках земной коры с пониженной мощностью, приуроченных к градиентным ступеням в поле силы тяжести), в строении осадочного чехла (складчато-надвиговое), в литологическом составе рудовмещающих толщ (присутствие углеродистых терригенных отложений), в степени метаморфизма пород (от филлитовой до амфиболитовой фации с преобладающим развитием фации зеленых сланцев), в истории формирования месторождений (смена рудоподготовительных этапов с накоплением благородных металлов в про-

жуточных коллекторах, рудогенерирующими, завершившими концентрирование благороднометалльной минерализации), в формационной принадлежности руд (преимущественно золото-кварцевый и золото-черносланцевый типы), в составе минерализации (преобладающая роль сульфидов – пирита, арсенопирита, пирротина, реже галенита, сфалерита, присутствие сульфосолей, а также шеелита), в масштабах рудных концентраций (наличие объектов, относящихся к разряду большеобъемных).

Обратим внимание и на отличительные признаки сравниваемых районов. Различия обнаруживаются: в отношении геодинамической обстановки седиментации и времени накопления осадочных толщ (в рифтогенном прогибе в протерозое–палеозое – для Бодайбинского, в субдукционном желобе в палеозое – для Верхнеселемджинского), в литологическом составе накоплений (карбонатно-терригенные в прогибе, вулканогенно-терригенные в аккреционной призме), в отношении геодинамической обстановки и времени рудокализации (внутриплитная тектоно-магматическая активность в позднем палеозое в Бодайбинском, трансформная окраина в позднем мезозое в Верхнеселемджинском), в петрохимическом составе рудогенерирующих магматических комплексов (преимущественно гранитоидный в Бодайбинском, существенно андезитоидный в Верхнеселемджинском).

Золотоносные районы восточного обрамления кратона, Южно-Верхоянский и Тенькинский, также имеют признаки сходства: в геотектоническом положении (на южном фланге Яно-Колымской складчатой системы в структурах, попадающих в зону влияния ОЧВП, в геофизических полях, фиксируемых градиентными ступенями в поле силы тяжести); в геодинамической обстановке и времени накопления осадочных толщ (на континентальных склонах окраинных морей в перми и триасе); в структурной позиции (приуроченность к антиклинальным складкам, вытянутым вдоль субмеридиональных глубинных разломов); в литологическом составе рудовмещающих толщ (терригенные с присутствием углеродистых пачек), в истории рудоконцентрирования (полихронное в течение нескольких этапов), в формационной принадлежности руд (преимущественно золото-кварцевый тип с проявлением золото-черносланцевого, золото-редкометалльного и золото-серебряного) и их минерального состава (преобладающая роль сульфидов, присутствие сульфосолей, а также шеелита), в масштабах рудных концентраций (наличие крупных большеобъемных месторождений). Многие из пе-

речисленных показателей проявлены и в рудно-россыпных районах Восточной Чукотки [5].

Из большого числа признаков, характеризующих золотоносные районы, развитые в окружении Северо-Азиатского кратона, выделим присущие и южному, и восточному его обрамлению. Это окраинноморская природа бассейнов осадконакопления, приуроченность к сложнодислоцированным терригенным черносланцевым толщам в складчатых поясах на участках, обладающих пониженной мощностью земной коры, фиксируемых градиентными зонами поля силы тяжести, где проявлены и глубинные разломы. Главная особенность таких районов – наличие большеобъемных месторождений, их полихронность и полигенность, обусловившие полиформационность руд. К отличительным чертам, влиявшим на формирование металлогенического потенциала районов, по нашему мнению, следует отнести нюансы геодинамических обстановок седиментации и рудогенеза. Выявленные признаки сходства и отличия сравниваемых районов предлагается учитывать при прогнозной оценке золотоносных территорий всего обрамления Северо-Азиатского кратона.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Металлогенический анализ типовых золотоносных районов южного и восточного обрамления Северо-Азиатского кратона показал, что существование частных различий между ними в особенностях геологического строения не могут затушевывать главного – наличия большого числа признаков (геотектонических, структурно-геологических, геофизических), указывающих на сходство в их развитии. Это связано со спецификой формирования золотоносных территорий в обрамлении кратона, обусловленной рифтогенными процессами, протекавшими вдоль разноориентированных градиентных зон поля силы тяжести. В возникавших трогах и грабенообразных депрессиях окраинноморского типа шло длительное накопление черносланцевых терригенных отложений значительной мощности с синхронным поступлением в осадки рудных элементов. В связи с син- и эписедиментационными преобразованиями осадочных толщ происходило перераспределение их рудной составляющей. Особенно заметно такое перераспределение протекало на начальном этапе орогенеза, сопровождавшемся разнофациальным региональным метаморфизмом. благороднометалльная минерализация на этом этапе чаще всего перемещалась в зоны зеленосланцевого метаморфизма с образованием там промежуточных коллекторов. Рудогенерирующий этап обычно был связан с развитием орогенного магматизма известково-щелочного, иногда субщелочного типа, обуслов-

ленного коллизионно-трансформным и субдукционным взаимодействием литосферных плит.

Изложенные материалы согласуются с выводами ряда исследователей [1, 6–9, 11–14, 16] о сложных ступенчатых процессах концентрирования благородных металлов при образовании крупных рудно-россыпных районов Дальнего Востока и могут быть использованы при металлогеническом районировании обрамления Северо-Азиатского кратона, а также выборе направлений дальнейших геологических исследований по наращиванию минерально-сырьевой базы благородных металлов в Российской Федерации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН и ДВО РАН (проекты № 12-И-П27-02, № 12-3-А08-159).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк В.А., Хмелевская Н.М. Сухой Лог – одно из крупнейших золоторудных месторождений мира (генезис, закономерности размещения оруденения, критерии прогнозирования). Владивосток: Дальнаука, 1997. 156 с.
2. Буряк В.А., Пересторонин А.Е. Маломыр – первое крупное золоторудное месторождение суходожского типа в Приамурье. Благовещенск–Хабаровск, 2000. 47 с.
3. Вашилов Ю.Я. Разломы и мощность отложенной верхоянского комплекса юго-восточной части Яно-Колымской складчатой зоны по геофизическим данным // Колыма. 1970. № 3. С. 45–47.
4. Власов Н.Г., Дмитренко В.С., Капанин В.П. и др. Приамурская золоторудная провинция // Золоторудные месторождения России. М.: Акварель, 2010. С. 187–212.
5. Волков А.В., Сидоров А.А. Уникальный золоторудный район Чукотки. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН; М.: ИГЕМ РАН, 2001. 180 с.
6. Гамянин Г.Н., Силичев М.К., Горячев Н.А. и др. Полиформационное золоторудное месторождение // Геология руд. месторождений. 1985. Т. XXVII, № 5. С. 86–89.
7. Гамянин Г.Н., Бортников Н.С., Алпатов В.В. Нежданское золоторудное месторождение – уникальное месторождение Северо-Востока России. М.: ГЕОС, 2000. 227 с.
8. Гельман М.Л. Геолого-петрологические аспекты связи золотого оруденения и магматизма в гранитоидных провинциях: Северо-Восток Азии в сравнении с Кордильерами Северной Америки, с Западной Австралией // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. Т. 2. С. 5–79.
9. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.
10. Геология СССР. Т. XXX. Северо-Восток СССР. Геологическое описание: в 2 кн. // Под ред. И.Е. Дробкина. М.: Недра, 1970. Кн. 1. 548 с.; Кн. 2. 536 с.
11. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 250 с.
12. Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ

- ДВО РАН, 1998. 210 с.
13. Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К. и др. Формы нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия) // Геология руд. месторождений. 1996. Т. 38, № 6. С. 467–484.
  14. Иванов А.И. Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района // Руды и металлы. 2008. № 3. С. 43–61.
  15. Кондратьева Л.А., Анисимова Г.С., Бахарев А.Г. и др. Золоторудное месторождение Задержнинское (Южное Верхоянье): геологическая позиция, вещественный состав руд, возраст оруденения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. “Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья”. Улан-Удэ: ЭКОС, 2010. С. 105–106.
  16. Кузьмин М.И., Ярмолук В.В., Спиридонов А.И. и др. Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба // Докл. РАН. 2006. Т. 407, № 6. С. 793–797.
  17. Лишневицкий Э.Н., Дистлер В.В. Глубинное строение земной коры района золото-платинового месторождения Сухой Лог по геолого-геофизическим данным (Восточная Сибирь, Россия) // Геология руд. месторождений. 2004. Т. 46, № 1. С. 88–104.
  18. Молчанов В.П. Условия образования золотого оруденения в углеродсодержащих терригенных толщах (на примере некоторых месторождений Южного Верхоянья и Сихотэ-Алиня): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Улан-Удэ, 1986. 22 с.
  19. Ожогин Д.О. Наноминералогические особенности золото-сульфидных руд месторождения Маломыр: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. М., 2009. 22 с.
  20. Силичев М.К. Геологическое положение и особенности структуры Нежданинского золоторудного месторождения // Геология руд. месторождений. 1970. Т. 12, № 3. С. 96–102.
  21. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) // Отв. ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: МАИК “Наука / Интерпериодика”, 2001. 571 с.
  22. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий // Отв. ред. Г.А. Шатков, А.С. Вольский. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 190 с.
  23. Фатьянов И.И. Распределение золота в магматических породах и генетические черты золотого оруденения Селемджинского района (Приамурье): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. 34 с.
  24. Хардинов А.Э., Холодная И.А. Элизионно-катагенетический механизм формирования золотого оруденения в верхнепермских отложениях Верхоянно-Колымской складчатой области: Материалы II науч.-практ. конф. “Минерагения Северо-Восточной Азии”. Улан-Удэ: ЭКОС, 2011. С. 169–170.
  25. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Региональные геолого-геофизические факторы размещения крупных золоторудных районов в южном обрамлении Сибирской платформы // Региональная геология и металлогения. 2010. № 42. С. 3–10.
  26. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Основные геолого-генетические типы коренных месторождений золота Забайкалья и Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 1. С. 70–96.
  27. Хомич В.Г., Фатьянов И.И., Борискина Н.Г. Особенности геологических условий формирования золоторудных районов в терригенно-сланцевых толщах южного обрамления Северо-Азиатского кратона // Отеч. геология. 2011. № 2. С. 75–81.
  28. Чехов А.Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (окраинноморская модель) М.: Науч. мир, 2000. 204 с.
  29. Чехов А.Д. Об окраинноморской тектонической природе Яно-Колымского золотоносного пояса // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 3. С. 2–6.
  30. Ярмолук В.В., Коваленко В.И., Иванов В.Г. Внутриплитная позднемезозойско-кайнозойская вулканическая провинция Центральной – Восточной Азии: проекция горячей поля мантии // Геотектоника. 1995. № 5. С. 41–67.

*Рекомендована к печати Н.А. Горячевым*

*V.G. Khomich, I.I. Fatyanov, N.G. Boriskina*

### **Metallogenic analysis of type gold-bearing areas of the southern and eastern framing of the North-Asian craton (geotectonic position, geological structure, and features of formation)**

Large ore-placer localities of the southern and eastern framing of the North Asian craton (Bodaibinsky, Verkhneselemdzhinsky, Yuzhnoverkhoyansky, and Ten'kinsky) are characterized by some common features such as restriction to the areas of the earth's crust lowered thickness and gradient zones of the gravity field traced by deep-seated faults; fold-thrust structure of the terrigenous black shale beds; phyllite, greenschist, and sometimes epidote-amphibolite metamorphism of ore-enclosing rocks; complicated and prolonged history of Au concentration process manifested by successive-stepwise change of several ore-preparing stages by an ore-generating one. The latter is conjugate in space and time with manifestations of orogenic (volcano-plutonic) magmatism producing the mineralization of gold-quartz, gold-sulfide-quartz, gold-black shale, gold-rare metal, and gold-silver formations. Special features of their spatial relationships (coincidence-superposition or lateral zonality) correlate with the scales of precious metal concentration, economic importance of some deposits, and metallogenic potential of the regions. The established features of similarity in the formation and structure of the districts are suggested to be taken into consideration when choosing new promising areas and forecast evaluation of potentially gold-bearing territories in the limits of the North Asian and other cratons.

**Key words:** gold-bearing ore-placer districts, metallogenic potential, black shale formation, East of Russia.