

ТЕКТНИКА И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ХАКАНДЖИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА В  
ОХОТСКО-ЧУКОТСКОМ ВУЛКАНИЧЕСКОМ ПОЯСЕ

Ю.П. Юшманов<sup>1</sup>, А.М. Петрищевский<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, ул. Шолом Алейхема 4, г. Биробиджан, 697016; e-mail: [yushman@mail.ru](mailto:yushman@mail.ru)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, пр. Ленина 30, г. Томск, 634050, e-mail: [petris2010@mail.ru](mailto:petris2010@mail.ru)

Поступила в редакцию 10 марта 2015 г.

Анализируются результаты исследования строения, геодинамики и металлогении Хаканджинского рудного района в Северо-Западном Приохотье. Определены два главных фактора локализации рудных месторождений. Магматический фактор контролирует приуроченность рудного района к тектоно-магматической структуре центрального типа (источник рудного вещества), определяющей концентрическую зональность размещения рудной минерализации. Тектонический фактор определяет приуроченность рудных узлов, месторождений и проявлений района к меридиональной левосдвиговой магмо- и флюидораспределяющей структуре, в которой наиболее продуктивный тектонический режим для рудоотложения отвечал условиям локального растяжения (транстенсии) на фоне общего латерального сжатия (транспрессии).

**Ключевые слова:** тектоника, магматизм, золото, металлогения, гравитационные модели, Охотско-Чукотский вулканический пояс, Приохотье.

ВВЕДЕНИЕ

Хаканджинский рудный район расположен в Охотском секторе Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса (ОЧВП) (рис. 1) и приурочен к тектоно-магматической структуре центрального типа (СЦТ), картируемой по распределениям  $\mu$ -параметра, отображающего реологическое состояние тектонических сред [25]. Структура занимает площадь около 31 400 км<sup>2</sup> и расположена в нижнем течении р. Инья, простираясь на запад до низовьев р. Улья и протягивается на север в верховье р. Охота, а на юге омывается водами Охотского моря (рис. 1, 2).

Хаканджинскую СЦТ слагают вулканогенные породы ОЧВП, внутри которого интенсивно дислоцированный разновозрастный фундамент обнажается в эрозионных окнах. Довулканическое основание ОЧВП представлено кристаллическими породами архейско-протерозойского фундамента Северо-Азиатского кратона и наложенными на него фанерозойскими комплексами. На рассматриваемой территории древний фундамент обнажается в трех выступах: Кухтуйском, Юровском и Майском (рис. 2 А). Фундамент перекрыт чехлом палеозойских и мезозойских неме-

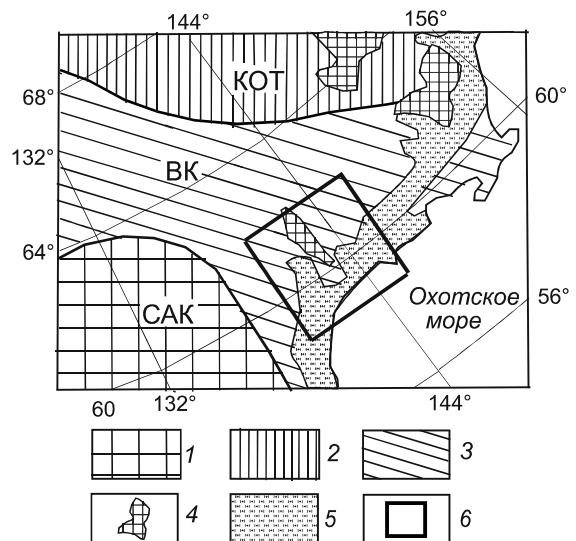
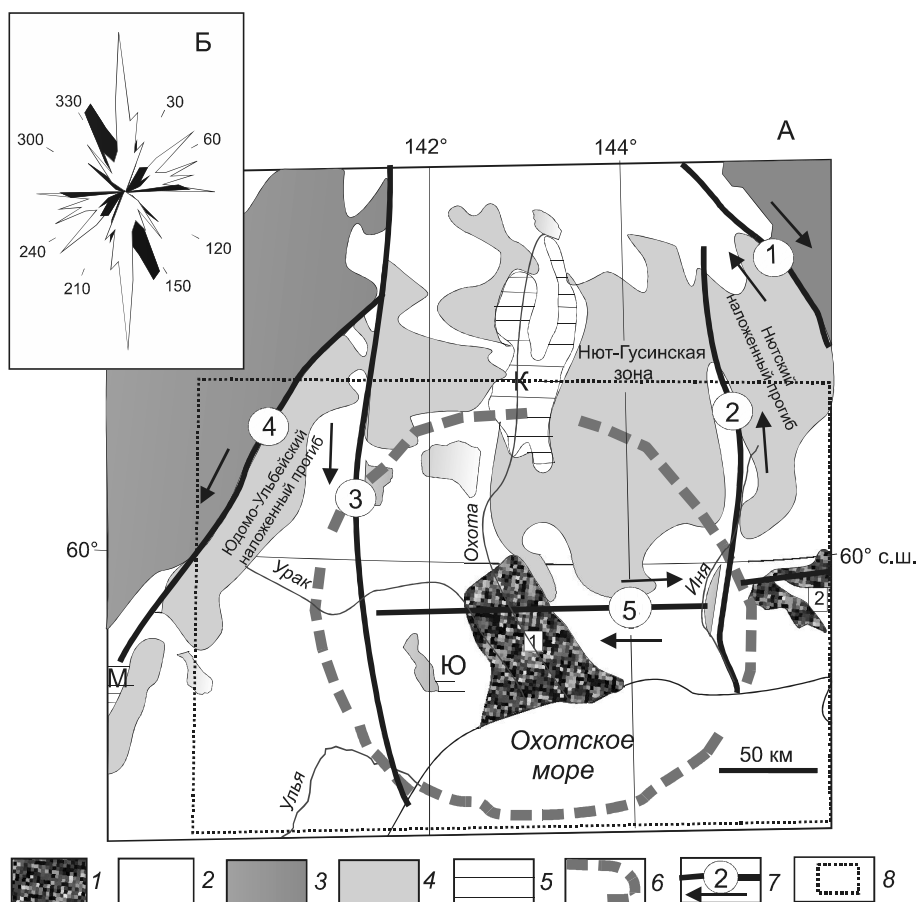


Рис. 1. Обзорная тектоническая схема Северо-Западного Приохотья.

1 – Северо-Азиатский кратон (САК), 2 – мезозойские комплексы Колымо-Омолонского супертеррейна (КОТ), 3 – позднепалеозойские и мезозойские комплексы Верхояно-Колымской складчато-надвиговой системы (ВК), 4 – террейны кратонного типа; 5 – мезозойские вулканоплутонические комплексы Охотско-Чукотского пояса; 6 – контур исследуемого района.



**Рис. 2.** Тектоническая схема Охотского кратонного террейна, по [7, 31, 46] с изменениями, (А), и розы-диаграммы простирааний разрывов в Охотском террейне (Б).

1 – кайнозойские континентальные впадины: Охотско-Кухтуйская (1) и Верхнекавинская (2); 2 – верхнеюрские–сеноманские эффузивы Охотско-Чукотского вулcano-плутонического пояса; 3 – мезозойский Верхоянский орогенный пояс; 4–5 – Охотский террейн: 4 – отложения чехла: Нют-Гусинская зона (R, D<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>, P<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>), Юдомо-Ульбейский (D<sub>3</sub>, T<sub>3</sub>-J<sub>1</sub>) и Нютский (P<sub>1</sub>-T<sub>3</sub>) наложенные прогибы; 5 – выступы кристаллического фундамента (AR, PR): К – Кухтуйский, Ю – Юровский, М – Майский; 6 – контуры Хаканджинской тектоно-магматической структуры центрального типа; 7 – основные граничные сдвиги на дневной поверхности: 1 – Бургагылканский, 2 – Нилгсыгский, 3 – Нонкичанский, 4 – Билякчано-Акачанский, 5 – Челомджа-Ямский (стрелкой указано направление сдвига); 8 – контур гравитационной модели. На врезке Б розы-диаграммы простирааний разрывов в Охотском террейне: белый цвет – сколовые разломы, черный – магмовмещающие разломы растяжения (раздвиги).

таморфизованных осадочных отложений в центральной части Охотского террейна. По типу складчатости здесь различают плитные комплексы чехла кратона с возрастом от рифея до раннего мезозоя и мезозойские складчатые комплексы «верхоянской» серии. В разных частях рассматриваемого района возраст чехла и складчатых комплексов различен: от конца позднеюрской эпохи на востоке до начала раннемеловой эпохи на западе. Плитные и складчатые комплексы интродуцированы магмой преимущественно гранитного состава и перекрыты полого залегающими верхнеюрскими–сеноманскими эффузивами. Наиболее молодыми наложенными структурами являются кайнозойские приразломные (тип pull apart) впадины (Охотско-Кухтуйская и Верхнекавинская). С северо-запада, севера

и северо-востока Хаканджинскую СЦТ обрамляют мезозойские структуры Верхоянской складчато-надвиговой системы (рис. 2 А).

#### ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Тектоническая привязка Хаканджинского рудного района к глубинным структурам земной коры выполнена с привлечением геофизических материалов [48], главным образом – гравиметрических. В качестве базовой была использована 3D-модель распределений  $\mu_z$ -параметра [25], характеризующего плотностную контрастность геологических сред на вертикальных отрезках между центрами аномальных масс и поверхностями эквивалентных сфер, на которые эти

массы «выметаются» по принципу Пуанкаре [45]. Для вычисления этого параметра были построены графики аномалий Буге в условных уровнях по расчетным профилям широтного направления через 8 км с шагом реализации поля 2 км. Графики сглаживались с разными размерами скользящего окна (шириной от 15 до 150 км) так, чтобы охватить симметричные гравитационные возмущения всех видимых пространственных классов. Для каждой элементарной гравитационной аномалии были вычислены ее амплитуда ( $V_{zm}$ ) и кажущаяся глубина залегания центра соответствующей плотностной неоднородности ( $Z_0$ ). Результаты вычислений накапливались в массиве значений  $Z_0$ ,  $V_{zm}(x, y)$ , который в дальнейшем был использован для вычисления  $\mu_z$ -параметра [25]. В границах изученной территории Охотского массива (рис. 1, 2 А) интерпретировано 640 элементарных аномалий. Каждое элементарное вычисление  $Z_0$  и  $V_{zm}$  является случайным и не содержит какой-либо геологической нагрузки, однако при статистическом обобщении вычислений проявляются некоторые генеральные закономерности в распределении этих параметров, которые характеризуют геологическое строение исследуемого объема 3D геологического пространства [23]. Точно так же проявляются особенности глубинных структур земной коры при генерализации хаотических распределений сингулярных (особых) точек плотностных и магнитных неоднородностей, локализуемых с помощью деконволюции Эйлера [43, 44, 47] или аналитических продолжений высших производных гравитационного потенциала [1].

На следующем этапе вычислений исследуемое геологическое пространство было разбито на 14 условных слоев, ограниченных горизонтальными поверхностями ( $H_c$ ) на глубинах: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40 и 50 км, и аномальные массы каждого слоя были выметены на поверхности эквивалентных сфер, касательных к поверхностям слоев. Выполнялось условие:  $Z_0 > H_c$ , а пиковые значения  $\mu_z$ -параметра принудительно сглаживались. Полученный в результате вычислений 3D-массив значений  $\mu_z(x, y, H_c)$  явился цифровой основой построения карт-срезов и вертикальных разрезов распределений  $\mu_z$ -параметра в нужных глубинных сечениях стандартными графическими средствами. Более подробно с математическими основами и технологией построения моделей  $\mu_z(x, y, H_c)$  можно познакомиться в работе [23], а конкретно с моделью рассматриваемого района – в работе [25].

Как показывает опыт таких исследований в других районах Дальнего Востока России [23] и Австралийского континента [26], максимумам  $\mu_z$ -параметра в земной коре соответствуют жесткие массивы и блоки

древних кристаллических комплексов (AR-PR) и океанической коры, а минимумам – турбидитовые комплексы, зоны милонитизации и аккреционные призмы, характеризующиеся микститовой структурой, а также области и участки термогенного понижения вязкости в переходном слое «кора–мантия» под гранитоидными и вулканическими поясами [20]. В верхней мантии по значениям  $\mu_z$ -параметра уверенно различаются литосферные плиты (максимумы) и разделяющие их выступы астеносферы (минимумы). В разрезах объемных моделей этого параметра  $\mu_z$ -минимумы во всех изученных районах совпадают с зонами поглощения и уменьшения скорости сейсмических волн (по данным глубинных сейсмических зондирований и метода обменных волн землетрясений), минимумами электрического сопротивления (магнитотеллурические зондирования) и зонами нарушенного фазового состояния (частичного плавления), предполагаемыми в тепловых моделях [20–23, 26, 41].

Результаты реологической интерпретации гравитационных аномалий дополнены анализом распределений сингулярных точек плотностных неоднородностей в верхнем слое земной коры, локализованных по точкам разрывов и ветвлений функций аналитических продолжений высших производных гравитационного потенциала [1]. По алгоритму Голиздры-Старостенко [12] был построен также 2D плотностной разрез через Хаканджинскую СЦТ, который увязывает распределение формализованного  $\mu_z$ -параметра с вероятными плотностными характеристиками земной коры. В плотностной модели границами сред разной плотности являются границы зон и областей с различным характером распределений и зоны сгущения изолиний  $\mu_z$ -параметра (наиболее резкие границы сред разной вязкости). Таким образом, решалась прямая стандартная линейная итерационная задача гравитационного потенциала в среде с закрепленными границами сред. Расчеты были направлены на подтверждение существования структуры центрального типа в среднем и нижнем слоях земной коры, а верхний слой в интервале глубин 0–4 км не рассматривался ввиду резкой неоднородности вулканических комплексов [31] и отсутствия подробных сведений об их плотности в разрезе. При расчетах априорная плотность нижнего слоя земной коры принята равной 2.90 г/см<sup>3</sup>. Другие параметры разреза рассчитаны относительно этого значения.

Для структурно-тектонических и металлогенических построений использованы геологические карты масштаба 1:2 500 000 и карта полезных ископаемых Хабаровского края [15, 48]. Проведен анализ фондовых материалов, в том числе геологических карт масштаба 1: 200 000 Приохотской серии [8, 9]. Использо-

ваны многочисленные научные статьи и монографии, посвященные геологии, тектонике и металлогении Охотского кратонного террейна и его обрамления. Часть информации получена в ресурсах Интернет [48, 49]. Структуры месторождений и рудопроявлений изучались по геологическим отчетам, картам и планам в ФБУ «Территориальные фонды геологической информации по Дальневосточному федеральному округу» в г. Хабаровске. Одним из главных методов исследований была общая оценка геологической ситуации и расшифровка структурных парагенезов при анализе геологических карт, разработанная В.С. Буртманом, А.В. Лукьяновым, А.В. Пейве, С.В. Руженцевым [27]. Этот метод дополнен сбором и статистическим анализом ориентировки разрывов, интрузий, кварцевых жил, даек, складок, штрихов и зеркал тектонического скольжения и других структурных элементов из фондовой геологической документации. Обработка структурных элементов проводилась по методике В.П. Уткина [33], которая широко применяется в практике структурных и геодинамических исследований Сихотэ-Алиня и его рудных районов. В результате построены тектонические и геолого-структурные схемы, розы-диаграммы ориентировки разрывов сжатия и растяжения; намечены основные структурно-геодинамические закономерности контроля рудной минерализации.

### СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ РУДНОГО РАЙОНА

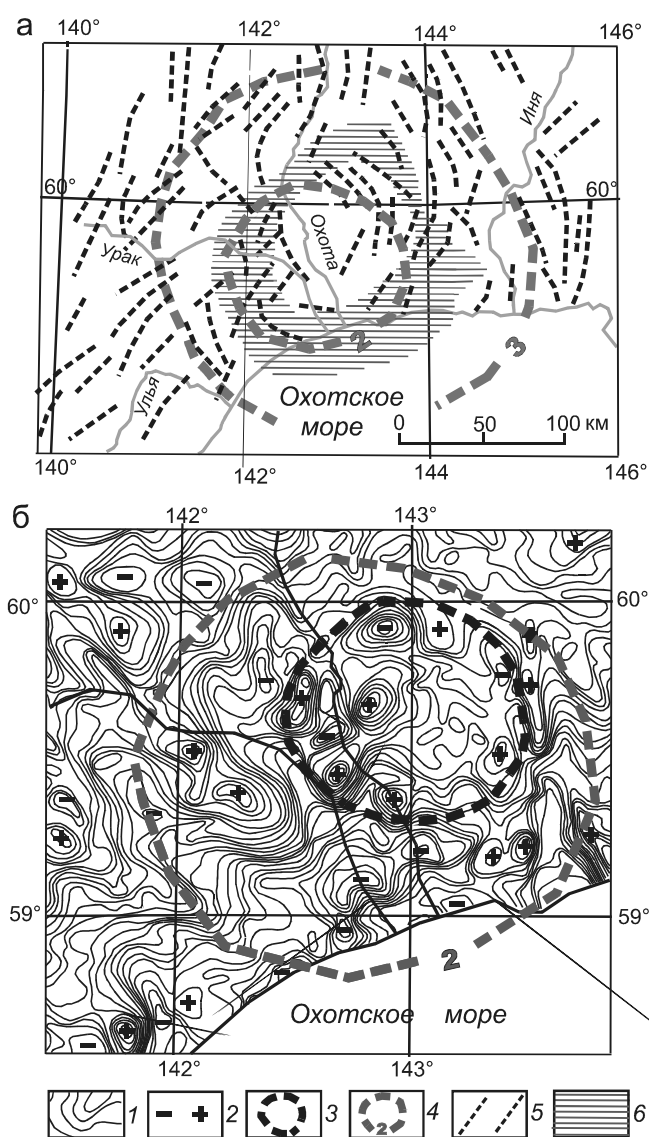
Местоположение центра СЦТ приурочено к пересечению меридионального сдвигового дуплекса широтным Челомджа-Ямским разломом. Последний, по данным магнитотеллурических зондирований [5], глубоко (до глубины 90 км) проникает в верхнюю мантию, а в гравитационных моделях [25] прослеживается до глубины 45–50 км. Сравнение мощности земной коры к северу (40 км) [29] и югу (30 км) [28] от него позволяет считать, что этот разлом является границей континентальной и субокеанической (окариноморской) коры. Время заложения этого разлома, вероятно, гораздо более древнее (протерозойское или раннепалеозойское), чем образование Охотского моря ( $K_2$ ) и соответствующей Охотоморской плиты.

Пространственная позиция Хаканджинской СЦТ типична для региональных структур центрального типа, например, Мая-Селемджинского и Алдано-Зейского плюмов [21, 24], и часто встречается в структурах более высоких порядков: интрузивно-купольных поднятиях и вулcano-тектонических депрессиях, контролирующих размещение рудных узлов и районов [3, 14].

Есть основания предполагать, что образованию Хаканджинской СЦТ предшествовал скрытый раздвиг земной коры, не выходящий на дневную по-

верхность, парагенетически связанный с глубинными левыми меридиональными и сопряженным правым широтным сдвигами.

Хаканджинская СЦТ непосредственно проявляется в гравитационных и магнитных аномалиях. В зоне влияния СЦТ нарушается региональная линейная северо-восточная ориентировка магнитных аномалий, характерная для ОЧВП [13], и проявляются фрагменты дуговых ориентировок, концентрически располагающиеся относительно центра структуры (рис. 3 а). В гравитационных аномалиях (рис. 3 б) тоже проявля-



**Рис. 3.** Магнитные [13] (а) и гравитационные (б) аномалии в зоне Хаканджинской СЦТ.

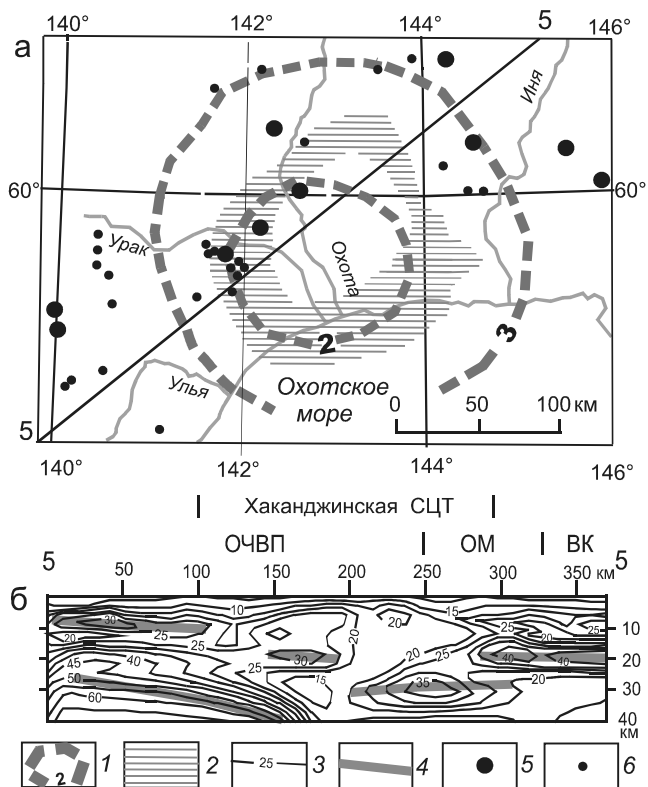
1 – изоаномалы гравитационного поля; 2 – относительные знаки локальных гравитационных возмущений; 3 – контуры центральной (околожерловой) части Хаканджинской СЦТ; 4 – контуры Хаканджинской структуры в горизонтальном срезе на глубинах, км; 5 – оси магнитных аномалий; 6 – зона пониженной вязкости в своде структуры на глубинах 4–7 км.

ны элементы концентрической зональности локальных возмущений, оси которых меняют направление по круговому контуру. Наблюдаются две зоны концентрических аномалий. Первая вписывается в границы СЦТ на глубине 2 км, а вторая – представлена меньшими по размерам локальными аномалиями на северо-восточном фланге структуры. Последняя характеризуется типичными признаками центра (жерла) вулканических построек. Горизонтальное смещение околожерловой части СЦТ в северо-восточном направлении от глубинного центра структуры может быть обусловлено ее постмагматическим сдвигом. В таком же направлении смещен Кухтуйский метаморфический массив относительно своих глубинных границ в срезе на глубине 2–4 км [25].

В приповерхностных срезях земной коры признаки существования Хаканджинской СЦТ проявлены в концентрической зональности распределений  $\mu_z$ -параметра на глубинах 2 и 3 км (рис. 4 а), которые характеризуют реологическую неоднородность разреза в интервале глубин 3–7 км. В срезе 3D  $\mu_z$ -модели на глубине  $H_c = 2$  км, отражающем неоднородность слоя в интервале глубин 3–5 км, структура центрального типа выражена концентрическим максимумом  $\mu_z$ -параметра, окаймляющим ее центр [25]. К контуру структуры на глубине 2 км приурочены три месторождения описываемого района: Хаканджинское, Чачика, Юрьевское, и множество рудопроявлений. В срезе  $H_c = 3$  км, отражающем реологическую неоднородность слоя в интервале глубин 4–7 км, контуры структур расширяются до размеров 250 км в диаметре, а внутреннее строение усложняется. Относительно более жесткий центр структуры окаймляется кольцевым минимумом  $\mu_z$ -параметра (рис. 4 а), а фланги структуры обрамляют концентрически распределенные  $\mu_z$ -максимумы [25].

В разрезе 3D модели распределений  $\mu_z$ -параметра (рис. 4 б) Хаканджинская СЦТ выражена линзовидной зоной пониженной вязкости (минимумом  $\mu_z$ -параметра), грибовидная форма которой типична для структур центрального типа [23]. Зона пониженной вязкости разрывает (замещает) земную кору и продолжается в верхнюю мантию. В верхних горизонтах земной коры изолинии  $\mu_z$ -параметра подчеркивают куполообразную форму свода структуры, что соответствует контурам структуры в срезах 2 и 3 км (рис. 4 а). Небольшое прогибание  $\mu_z$ -изолиний в центре структуры совпадает с расположением Охотско-Кухтуйской кайнозойской депрессии – типичным признаком тектоно-магматической структуры с инверсированным (опущенным) сводом [25].

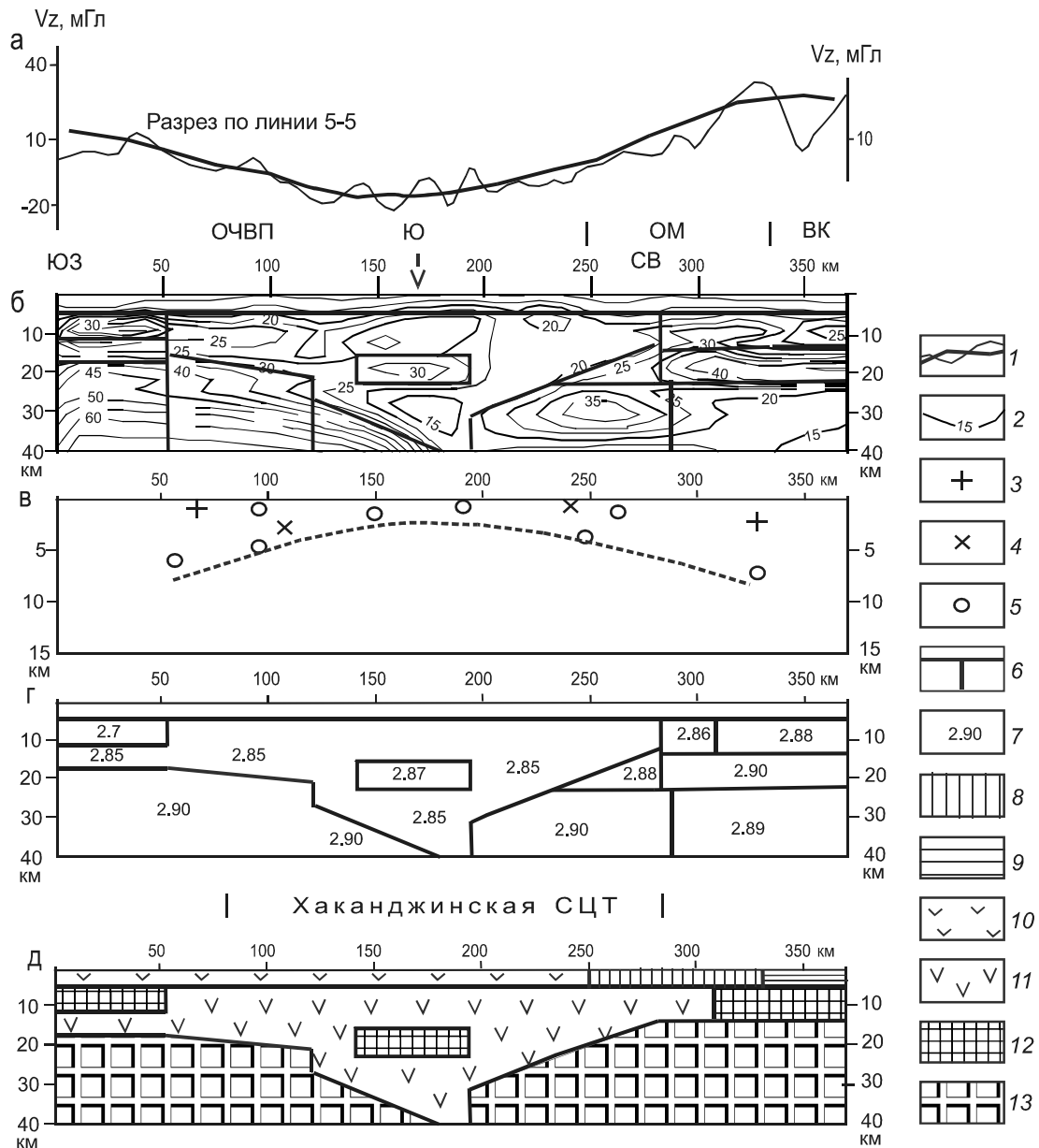
Интрузивно-купольная природа Хаканджинской СЦТ читается в распределениях сингулярных (осо-



**Рис. 4.** Хаканджинская тектоно-магматическая структура в плане (а) и разрезе (б) по результатам анализа распределений нормированной сферической плотности элементарных плотностных неоднородностей ( $\mu_z$ -параметра) [25].

1 – контуры Хаканджинской структуры в горизонтальных срезах на глубинах, км; 2 – зона пониженной вязкости в своде структуры на глубинах 4–7 км; 3 – изолинии  $\mu_z$ -параметра в разрезе; 4 – оси жестких слоев; 5–6 – месторождения (5) и крупные рудопроявления (6).

бых) точек плотностных неоднородностей, локализуемых методом Г.А. Трошкова в программе «СИНГУЛЯР» [1]. Нижняя граница приповерхностного гравитационно-аномального слоя имеет куполообразный вид (рис. 5 в), согласующийся с поведением изолиний  $\mu_z$ -параметра (рис. 5 б). Отсутствие плотностных неоднородностей ниже этой границы, так же как и понижение  $\mu_z$ -параметра в нижнем слое земной коры (рис. 5 б), является признаком понижения вязкости земной коры в основании структуры. Плотностной разрез СЦТ (рис. 5 г) и соответствующий ему схематический геологический разрез (рис. 5 д) иллюстрируют связь приповерхностных вулканических излияний с мантийными магмами, которые на нижнекоровом уровне (в интервале глубин 30–40 км) до настоящего времени остаются в вязком, текучем, или расплавленном, состоянии, о чем свидетельствуют аномально низкие значения  $\mu_z$ -параметра (< 15 ед.) в основании структуры (рис. 5 б). Хаканджинская СЦТ,



**Рис. 5.** Гравитационные аномалии (а), распределения  $\mu_z$ -параметра (б) и особых точек (в) в разрезе Хаканджинской СЦТ; плотностной (г) и схематический геологический (д) разрезы по линии 5–5 (рис. 4).

1 – графики наблюдаемых (тонкая линия) и рассчитанных (толстая линия) аномалий Буге в условном уровне; 2 – изолинии  $\mu_z$ -параметра в разрезе “б”; 3 – верхние кромки вертикальных блоков; 4 – боковые ограничения горизонтальных пластин; 5 – центры масс изометричных плотностных неоднородностей; 6 – границы сред разной плотности; 7 – плотность сред, г/см<sup>3</sup>; 8 – переработанный Охотский массив (южнее Кухтуйского выступа); 9 – позднепалеозойские и раннемезозойские (С–Т) комплексы плитного чехла; 10–11 – вулканические образования основного-среднего состава в приповерхностном слое (10) и на глубинах более 4 км (11); 12 – гранитно-метаморфический слой; 13 – нижний слой континентальной коры. Обозначения тектонических структур: ОЧВП – Охотско-Чукотский вулканический пояс, ОМ – Охотский массив, ВК – Верхояно-Колымская складчато-надвиговая система, Ю – Юровский метаморфический массив (AR–PR).

таким образом, представляет собой один из многочисленных каналов связи вулканических масс ОЧВП с их мантийными источниками. 50–60 млн лет назад магмы мантийного происхождения занимали, по видимому, более высокое положение в разрезе, что обеспечивало возможность разнонаправленных гори-

зонтальных верхнекоровых перемещений метаморфических, складчатых и вулканических комплексов, читаемых на поверхности в виде сдвигов, связанных с ними надвигов и сбросов [8, 9, 32].

Из приводимого разреза (рис. 5) следует, что Юровский и Кухтуйский выступы древнего фунда-

мента Охотского массива (террейна) структурно не связаны между собой. Оба выступа, некогда, возможно, представлявшие единое образование, к настоящему времени раздроблены, замещены мезозойскими магмами и перемещены от своего начального расположения. Метаморфическое основание Юровского выступа, располагающегося в центре Хаканджинской СЦТ, изолировано как от кратона, так и от Охотского массива и погружено на глубину 15–20 км (рис. 5 д), а верхний слой земной коры Охотского массива (в интервале глубин 0–4 км) представляет собой сложное сочетание (амальгаму) плитных, складчатых и вулканических комплексов, пронизанных позднемезозойскими гранитами [31]. Юго-западный фланг Охотского массива располагается над зоной пониженной вязкости вулканического происхождения, а северо-восточный – простирается под складчатые комплексы верхоянской серии (рис. 5 б, д).

Анализ тектонических разрывов на геологических картах масштаба 1:200 000 (рис. 2 Б) показал, что в приповерхностном слое земной коры исследуемого района господствуют протяженные меридиональные разрывы, а меньшее значение имеют северо-восточные, широтные и северо-западные разломы (сдвиги, взбросо-сдвиги и надвиги). Напротив, магмоконтролирующие разрывы растяжения (сбросы, сбросо-сдвиги и раздвиги) простираются преимущественно в северо-западном направлении. Менее распространены близмеридиональные, северо-восточные и широтные раздвиги. Исходя из приведенных данных, определяется направление регионального латерального сжатия, которое было ориентировано в направлении СЗ 335–340° – ЮВ 155–160°, т.к. максимум разрывов растяжения ориентируются параллельно наибольшему напряжению и перпендикулярно наименьшему. При этом сжатии северо-западные и широтные разрывы формировались как правые сдвиги, которые трансформировались в раздвиги при левых сдвигах по сопряженным меридиональным и северо-восточным разломам. Глубоко проникая, раздвиги служили каналами для интрузивного и эффузивного магматизма и рудогенных флюидов. Возраст раздвигов соответствует возрасту выполняющих их магматических тел или осадочных пород.

Древние меридиональные разломы закартированы в Кухтуйском выступе, сложенном кристаллическими породами архея. По ним установлены сдвиговые левосторонние смещения амплитудой 15–20 км [32]. В бассейне руч. Ягель Ф.Ф. Вельдяксовым [8] закартированы надвиги архейских кристаллических пород на позднепротерозойские амплитудой 1.0–1.5 км. Плоскость разлома субмеридиональная, погружается на запад под углом 40–60°. Вероятно, взбросо-надви-

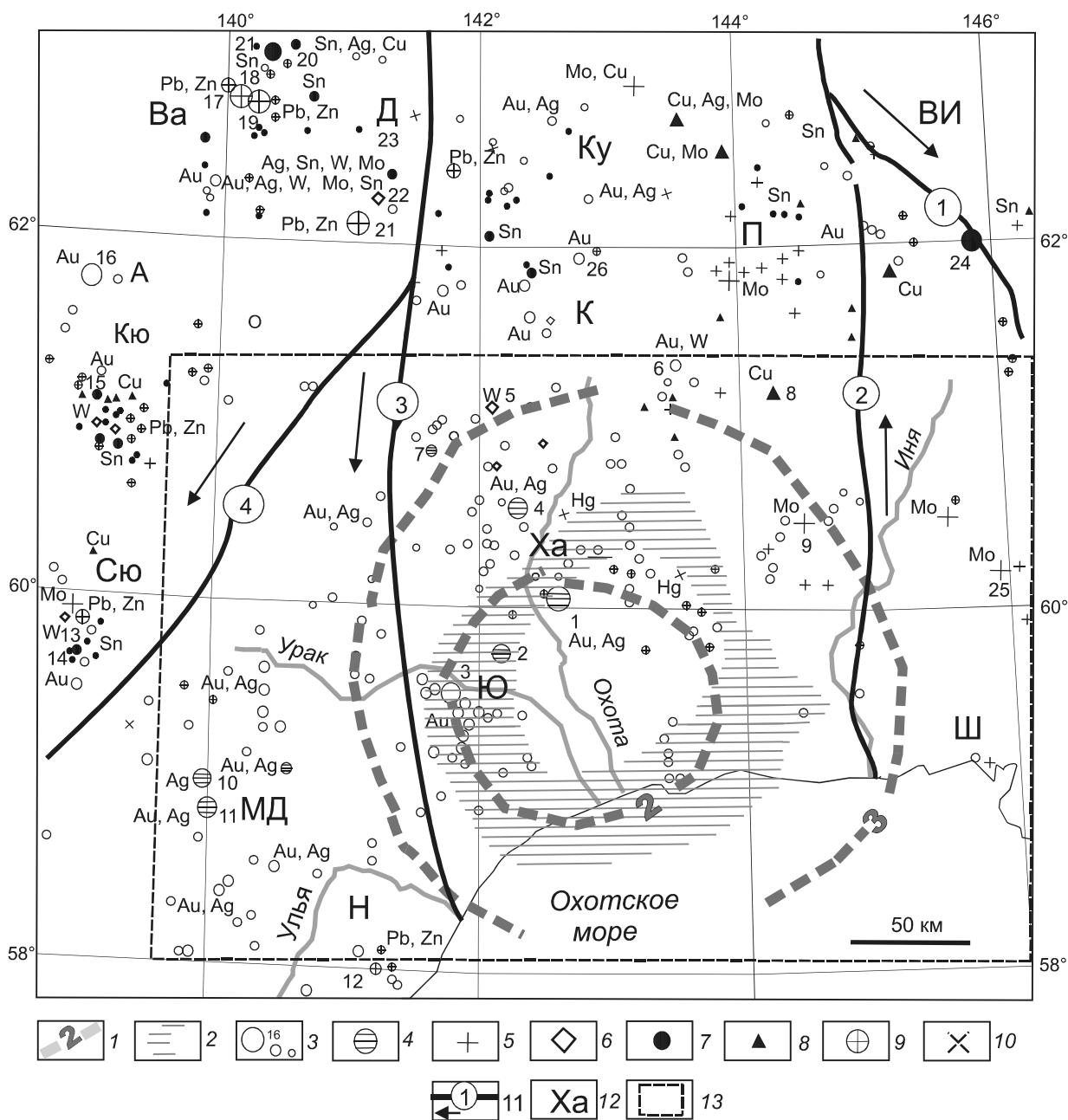
ги образовались в условиях сжатия, которое способствовало дроблению и выдавливанию архейских блоков из вмещающих пород в зоне сдвига. Морфология надвигов согласуется с признаками горизонтальных смещений Кухтуйского выступа архейских пород в восточном направлении, предполагаемых из анализа гравитационных моделей [25].

Региональная широтная зона глубинного разлома под названием Челомджа-Ямского, или Магаданского, сопровождается линейным поднятием астеносферы до глубины 65 км, по данным МТЗ [5], параллельно побережью Охотского моря. Ее протяженность составляет более 400 км, а ширина – 40–50 км. В зоне Челомджа-Ямского разлома мощность земной коры резко сокращается от 35–40 км на континентальной окраине [29] до 25–30 км в акватории Охотского моря [28]. Абсолютный возраст различных динамометаморфических образований в зоне разлома составляет 69–78 млн лет [32].

В зону разлома внедрены гипербазиты и интрузии гранитов, гранодиоритов, небольшие штоки габбро, габбродиоритов и диоритов, а также субвулканические интрузии и дайки порфировидных пород кислого, среднего и основного состава. Правосдвиговая активизация разлома в палеогене выразилась в формировании поперечных сосдвиговых приразломных впадин (Охото-Кухтуйская, Верхне-Кавинская, Кавинская и др.). Правосдвиговые подвижки амплитудой до 1 км продолжались и на неотектоническом этапе.

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Металлогеническую специфику Хаканджинского рудного района определяют рудные узлы, пространственно коррелирующиеся с одноименной СЦТ, в пределах которой совмещены месторождения и рудопроявления Au, Ag, Pb, Zn, Sn, W, Mo, Cu, Sb, Hg, относящиеся к различным рудным формациям (рис. 6). В относительном расположении рудных узлов и химическом составе рудных парагенезов отчетливо проявлена концентрическая зональность. Просматривается два концентрических пояса рудной минерализации. Первый окаймляет центр структуры, а второй проявлен за пределами гравитационной модели на расстоянии 240–280 км от центра структуры. В первом поясе концентрируются преимущественно золотосеребряные месторождения и рудопроявления, а во втором, наряду с золотосеребряной минерализацией, – месторождения и проявления W, Mo, Cu, Pb, Zn и Sn. Такая же зональность обнаружена нами и в других тектоно-магматических структурах центрального типа в Верхнем [24] и Среднем [21] Приамурье,



**Рис. 6.** Схема размещения месторождений и рудопроявлений с элементами тектоники Охотского террейна и его обрамления, по [15, 48], с изменениями.

1 – контуры Хаканджинской СЦТ в горизонтальных сечениях (цифра – глубина среза, км); 2 – концентрическая зона пониженной вязкости на глубине 3–7 км [17]; 3–19 – месторождения и рудопроявления с преимущественной специализацией (3 – золотой, 4 – золото-серебряной, 5 – молибденовой, 6 – вольфрамовой, 7 – оловянной, 8 – медной, 9 – полиметаллической, 10 – ртутной); 11 – основные граничные разломы на дневной поверхности: 1 – Бургагылканский, 2 – Нилгысыгский, 3 – Нонкичанский, 4 – Билякчано-Акачанский (стрелками указано направление вектора сдвига); 12 – рудные узлы: А – Анганский, Ва – Верхнеанчанский, ВИ – Верхне-Индибирский, Д – Дочканахский, Кю – Кютепский, К – Кухтуйский, Ку – Куйдусинский, МД – Мати-Девочкинский, Н – Норатынский, П – Пестринский, Сю – Среднеюдомский, Ш – Шилканский, Ха – Хаканджинский, Ю – Юрьевский; месторождения: 1 – Хаканджинское, 2 – Чачика, 3 – Юрьевское, 4 – Озерное, 5 – Широное, 6 – Анмандыканское, 7 – Эльбех, 8 – Аулия, 9 – Левоатыканское, 10 – Серебряный Ключ, 11 – Ядра, 12 – Нораты, 13 – Лариса, 14 – Чара, 15 – Маган, 16 – Восход, 17 – Ампарынденское, 18 – Джатонское, 19 – Детаньжинское, 20 – Жоан, 21 – Ниванджинское, 22 – Дочканах, 23 – Сурхо, 24 – Богатырь, 25 – Верхний Бувтыкан, 26 – Высокое; 13 – контур гравитационной модели.



что свидетельствует об универсальном стадийном механизме выноса из мантийных магм рудогенных флюидов к поверхности Земли.

Основной объем промышленных Au-Ag руд в центральном поясе рудной минерализации содержат месторождения Хаканджинское, Чачика и Юрьевское. Они имеют средние и мелкие масштабы и сопровождаются многочисленными рудопроявлениями, расположенными во внутренней части СЦТ в контурах минимума  $\mu_z$ -параметра, окаймляющего ее центр. Золоту и серебру иногда сопутствуют полиметаллы, сурьма, ртуть, однако заметных концентраций они не образуют. Месторождения и близкие к ним рудопроявления располагаются по внутреннему периметру центральной зоны СЦТ, над концентрической зоной геологического разуплотнения в слое 3–7 км.

Большинство рудопроявлений недостаточно изучены и масштабы их не оценены. Абсолютный возраст золото-адуляр-кварцевых жил Хаканджинского месторождения 81–63 млн лет [18], что указывает на многоэтапное формирование благороднометалльного оруденения. Наиболее древняя золотосеребряная минерализация вулканогенного типа выявлена на Охотском поднятии в Кухтуйском блоке [2], где оруденение рифейской эпохи, видимо, распространено более широко, но его часто относят к позднемезозойской эпохе. Основное золотосеребряное оруденение связано с позднесенонской металлогенической стадией и находится в парагенетической связи с интрузиями диорит-монзонит-гранодиоритовой формации и субвулканическими риодацитовыми экструзиями (ульбейский и урацкий комплексы), геохимически специализированными на Au, Cu, Pb, Zn, Bi, As, W [18].

Промежуточная зона между двумя концентрическими поясами рудной минерализации характеризуется гораздо меньшей экстенсивностью рудопроявлений (рис. 6), что также типично для структур центрального типа [23]. Здесь минерализация слабо проявлена или отсутствует в клиновидных тектонических блоках ( $60\text{--}62^\circ$  СШ), занимающих территорию Юдомо-Ульбейского ( $D_3, T_3\text{-}J_1$ ) и южную часть Нютского ( $P, T_3$ ) прогибов, контролируемых Бургагылканским, Нилгысыгским, Нонкичанским и Билякчано-Акачанским сдвигами. Вероятно, это связано со слабой тектонической проработкой пород в обстановке транспрессии и экранированием оруденения пологими зонами надвигов.

Месторождения внешней зоны Хаканджинской СЦТ связаны с мелкими выходами позднемеловых гранитоидов гранит-лейкогранитового и граносиенитового составов [6]. К ним относятся серебряно-сульфидно-оловянные месторождения Джатонское, Жоан, Детаньжинское, Лариса и др. Рудопроявление

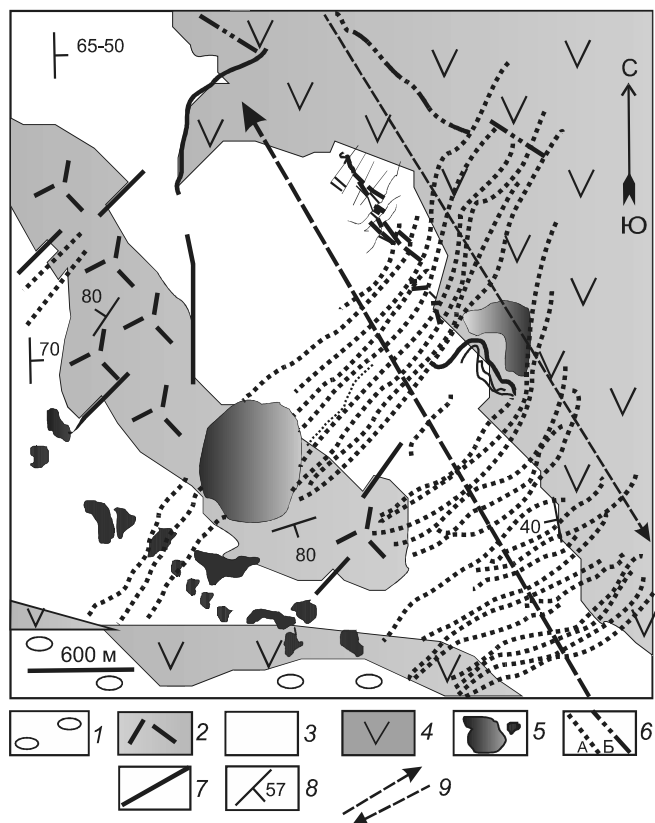
Дочканах, представляющее собой штокверк размером  $1000 \times 600$  м кварцевых жил с комплексной минерализацией. Помимо Au и Ag присутствуют W, Mo, Sn. Рядом расположено серебряно-оловянно-вольфрамовое рудопроявление Сурхо. В нем есть Au и Cu. Расположенному здесь Кютепскому гранитному массиву соответствует обширная торий-уран-калиевая радиохимическая аномалия и отчетливый гравитационный минимум интенсивностью до 12 мгл [17]. На его площади около  $1500 \text{ км}^2$  размещено более 100 рудопроявлений: помимо Au и Ag установлены Sn, W, Mo, Pb, Zn, Sb, Ni, Cu, Zr, Be, As, Bi, Th, U, Ce, Li, Y, Nb.

По данным [6], золоторудные месторождения внешней зоны являются производными золотоносных рудно-магматических систем с флюидами промежуточных камер (15–18 км), с которыми связано образование малосульфидно-кварцевых месторождений, а с малоглубинными (до 2 км) – золото-висмутовые месторождения. С функционированием оловорудных рудно-магматических систем связаны серебряносные касситерит-силикатно-сульфидные месторождения и наиболее продуктивные серебряно-полиметаллические.

На северном фланге Хаканджинской СЦТ эродирован Кухтуйский выступ докембрия, представляющий ее фундамент, в котором проявлена золото-редкометалльная с вольфрамом минерализация (рудопроявления Анмандыканское, Широтное и др.). Здесь известно 44 проявления золото-кварцевой, 2 – золото-сульфидной, 7 – золото-скарновой и 4 – золото-серебряной рудных формаций [18]. Одно из них – Высокое – оценивается как перспективное. Оно локализовано в архейских гнейсах и представлено жильной зоной размером  $1.5 \times 4.0$  км, в которой обнаружено 44 кварцевые жилы мощностью 0.1–0.7 м. Содержание Au – от 1.0 до 335.2 г/т, серебра – от 0.3 до 1326.5 г/т [16].

Наряду с концентрической зональностью рудной минерализации в своде Хаканджинской СЦТ в рассматриваемом районе Северо-Западного Приохотья проявлены отчетливые следы сдвиговых дислокаций и связанных с ними структур растяжения, благоприятных для проникновения мантийных магм и флюидов в верхние горизонты коры. Структурный парагенез, образовавшийся при сдвиге, рассмотрен ниже при характеристике Хаканджинского месторождения (рис. 7).

В результате широкомасштабных горизонтальных перемещений в верхнем слое земной коры над сводом Хаканджинской СЦТ Охотский массив был раздроблен на узкие блоки, которые испытали растяжения в результате смещения их по многочисленным близмеридиональным левым сдвигам. На геологических картах [31, 48] Охотский террейн напоминает гигантскую брекчию, сцементированную преиму-



**Рис. 7.** Геолого-структурная схема Хаканджинского месторождения – пример магмо-рудоконтролирующей эшелонированной разрывной структуры, образовавшейся предположительно в результате правого сдвига в фундаменте (с использованием данных В.Г. Хомича [36]).

1 – четвертичные флювиогляциальные отложения; 2–3 – амкинская свита ( $K_2$ ): 2 – риолиты флюидалные, 3 – дациты, риолиты, игнимбриты и их туфы; 4 – ульбериканская свита ( $J_3-K_1n$ ): андезибазальты, андезиты и их туфы; 5 – экструзии и купола риолитов; 6 – дайки андезитов, долеритов, андезибазальтов, базальтов (а) и риолитов (б); 7 – разломы; 8 – элементы залегания пород; 9 – зоны скалывания с кулисным расположением рудных тел и даек.

щественно магмой кислого состава в широкой зоне растяжения континентальной коры, ограниченной с флангов меридиональным сдвиговым дуплексом, представленным Нилгсыгским и Нонкичанским глубинными разломами. Предполагаемая амплитуда смещения Юровского выступа фундамента от Кухтуйского по Охотско-Хаканджинской меридиональной зоне левых сдвигов составляет 80 км. Вертикальная мощность Юровского выступа не превышает 2 км, а Кухтуйского – 3.5 км [25]. Оба массива, таким образом, являются перемещенными пластинами древнего фундамента, в домезозойское (или допозднепалеозойское) время принадлежавшими к Северо-Азиатскому кратону.

### ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ТЕЛ

Рудно-магматическую структуру Хаканджинского месторождения контролирует сдвиг в довулканическом фундаменте, являющейся продолжением Охотско-Кухтуйской системы северо-западных разломов. Вертикальная и горизонтальная составляющие правого сдвига в вулканогенном чехле незначительны. На площади рудного поля сдвиг проходит вдоль пологого северо-западного контакта (падение ЮЗ  $<10-40^\circ$ ) кислых вулканитов и подстилающих их андезитов. Месторождение является примером трансензионной магмо- и рудоконтролирующей эшелонированной разрывной структуры (рис. 7). Правосторонний сдвиго-сбросовый парагенезис устанавливается по кулискому расположению даек и рудных тел, смещению маркирующих горизонтов, тектоническим бороздам и штрихам на зеркалах скольжения. Амплитуда сброса по отдельным сколам достигает нескольких метров, по группе близко расположенных пологих сместителей – 10–12 м и 100–200 м в целом по зоне мощностью до 52 м [19, 36, 37]. Северо-западные рудовмещающие пологие разрывы пересекаются и смещаются северо-восточными крутопадающими сколами. Последние вмещают палеогеновые дайки среднего и основного состава, а северо-западные разрывы – позднемеловые дайки кислого состава. В свою очередь в зоне разлома мелкие внутрипластовые тектонические трещины блокируются пологими межпластовыми срывами, что обусловило весьма разнообразную морфологию рудных тел. Наиболее развиты кварцевые жилы, золотоносные зоны дробления, прожилково-метасоматические залежи, штокверковые образования. Рудовмещающая зона локализована в альб-сеноманских риолитах и дацитах амкинской свиты на удалении от контакта с залегающими в основании вулканогенного разреза верхнеюрско-неокомовых образований базальт-андезитового состава ульбериканской свиты. Все перечисленные породы прорваны позднемеловыми субвулканическими экструзиями риолитов и риодацитов. Позже образовались мелкие тела и дайки щелочных гранит-порфиров и граносиенитов. В послерудный этап образовались самые молодые интрузии – палеогеновые субвулканические тела и дайки базальтов, долеритов и андезитов. Все вулканические породы рудного поля пропилитизированы в хлорит-карбонатной фации [19, 37].

Хаканджинское месторождение является типичным представителем золотосеребряного эпитептермального оруденения. Оно наиболее изучено и в настоящее время отрабатывается. По запасам серебра месторождение занимает третье место в России. Минерализованная площадь месторождения совпадает

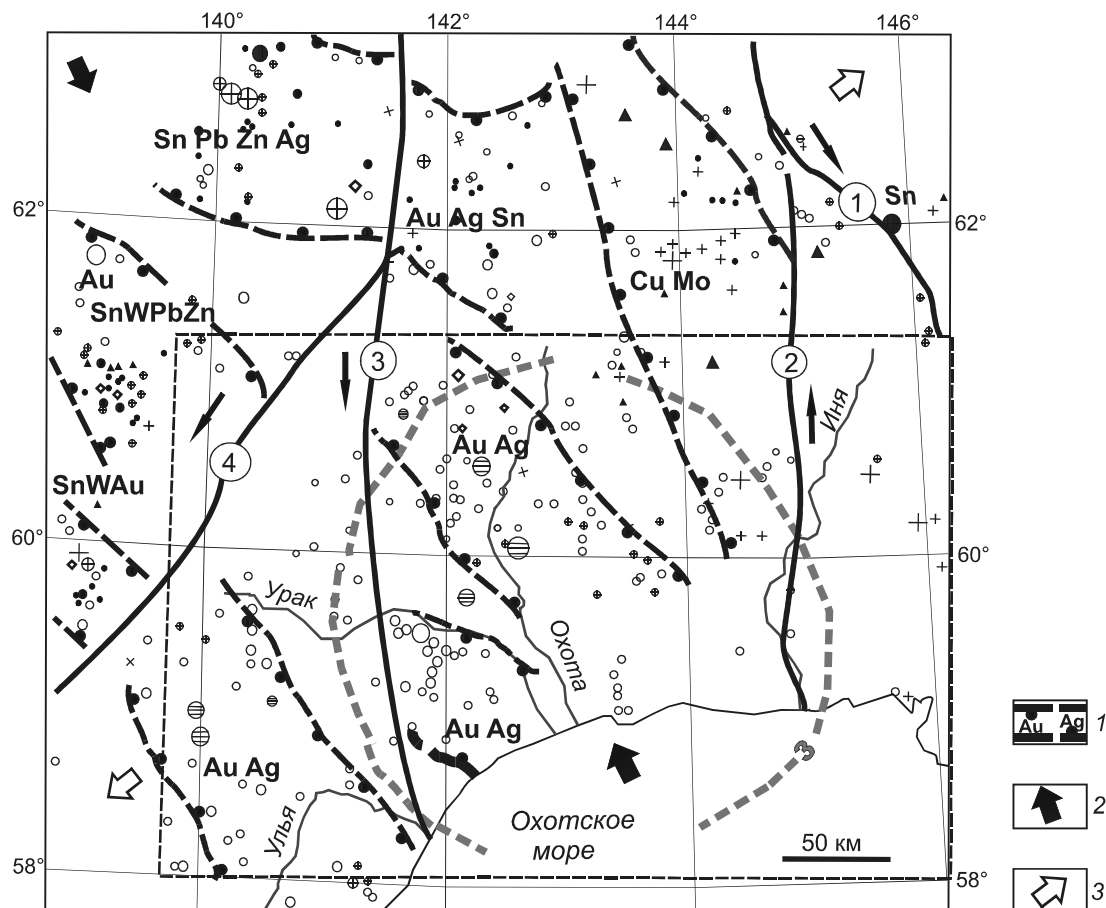
с палеовулканической постройкой, где эродирован выводной канал, заполненный застывшей лавой флюидальных риолитов [36, 37]. На его периферии расположены экструзивно-эффузивные купола, возникшие, видимо, на месте побочных вулканических жерл. Рудная зона северо-западного простирания, расположенная на восточном фланге вулканической постройки, поперечными северо-восточными разломами разбита на три блока: Северный, Центральный и Южный. Два последних содержат все промышленные рудные тела. В Центральном блоке разведаны наибольшие запасы благородных металлов [49]. Общая протяженность рудного тела до 800 м, а по вертикали оно прослежено на 300–350 м. Средняя мощность рудной зоны – 5.2 м; максимальная (40 м) – на поверхности в зоне окисления. Южный блок менее продуктивен. Здесь вскрыта зона с крутым падением кварцевых метасоматитов мощностью 2.5 м и протяженностью по падению не более 40 м. Ниже в 100 м скважинами вскрыто «слепое» горизонтальное рудное тело мощностью 8–11 м. По данным рудничной разведки, длина залежи по горизонтали составляет 450 м, вертикали – 80–170 м.

Литологический контроль рудной минерализации заключается в приуроченности золотосеребряной минерализации к горизонтам агломератовых туфов, флюидальным риолитам и их туфам [36, 37]. Они отличаются по физико-механическим свойствам (прочностью, пористостью, проницаемостью и т.д.) от вмещающих пород. Рудные тела слагают кварц-адуляровые, кварц-гидрослюдистые и кварцевые породы с кварцем и жильным выполнением. Текстуры руд брекчиевые, сетчатые и линейно-полосчатые. Среди рудных минералов преобладают сульфиды (пирит, арсенопирит, антимонит), сульфосоли серебра и других металлов, редко встречаются интерметаллические соединения и киноварь. Содержание сульфидов в рудах в среднем 0.5 %. На глубоких горизонтах их количество увеличивается до 3 %. Основной продуктивной ассоциацией является золото-аргентит-полибазит-сульфидно-кварцевая, расположенная в лежачем боку залежи. Золото и серебро распределено неравномерно и носит столбообразную форму с бонанцевыми содержаниями благородных металлов. Концентрация золота и серебра в бонанцах измеряется не граммами и даже не сотнями граммов на тонну породы, а килограммами. Так, при среднем содержании Au 7–12 г/т в бонанцах оно достигает 1.8 кг/т, а содержания Ag – при средних 307 г/т – достигает 13 кг/т [49]. Пробность золота от 532 до 774. Соотношение Au/Ag 1:44. Промышленные рудные тела выделяются по данным опробования и локализованы в кварцевой части зоны. Они имеют сложное внутреннее строение и большую изменчивость по мощности и протяженности. Для

верхних частей рудных тел характерны повышенные количества Ag, Pb, Mn, Zn, а для нижних – Cu, W, Mo [19]. Хаканджинское месторождение характеризуется четко выраженным вертикальным рядом геохимической зональности (сверху вниз): Ag-Pb-Mn-Zn-Au-Cu-Mo-As. Для месторождения характерно высокое содержание Mn. Ниже горизонта 280 м промышленное оруденение выклинивается. Формирование рудных тел Хаканджинского месторождения происходило на глубине 500 м от палеоповерхности при температуре 230–150° С [18].

Расположенное в 30 км к юго-западу от Хаканджинского золотосеребряное месторождение Чачика отличается от него малыми запасами и отсутствием марганцевого оруденения; месторождение Юрьевское находится в 60 км в том же направлении. Его руды локализованы в плагиоклазовых порфиритах Комсомольской зоны. Рудные тела контролируются близширотным сбросом, содержащим серию кулисно расположенных жил и прожилков кварцевого, адуляр-кварцевого, карбонат-кварцевого состава [19]. Северное крыло разлома сброшено на 150 м. Ширина зоны метасоматического изменения – 50 м, это преимущественно кварц-карбонатные, серицит кварцевые и кремнистые метасоматиты, часто с хлоритом. Мощности рудных тел – 6–6.5 м, длина – 150–200 м, среднее содержание Au – 15.6 г/т, Ag – 634 г/т [18]. Совместно с Au и Ag в рудных телах накапливались Pb, Zn, Cu, Mo, As, Mn.

Хаканджинское месторождение – лидер по запасам и добыче благородных металлов в Охотском горнорудном районе. Учитывая слабую изученность детальными геолого-разведочными работами, перспективы наращивания его минерально-сырьевой базы связаны с активной разведкой флангов и глубоких горизонтов Хаканджинского и освоением Юрьевского месторождений, а также с оценкой ранее выявленных рудопроявлений золота и серебра. Одним из перспективных объектов разведки является рудопроявление Озерное, расположенное в брекчиях зоны сдвига. В.И. Гончаров с коллегами [10] высказывали мнение, что Хаканджинское месторождение должно быть переоценено как крупнообъемное и (или) прожилково-вкрапленное (штокверковое). В связи с этим, необходимо провести доизучение потенциально рудной площади Охотского района. На схеме (рис. 8) показан структурно-динамический контроль рудной минерализации Хаканджинского рудного района, где Нилгысыгский и Нончиканский разломы образуют меридиональный транспрессионный левосдвиговый дуплекс. Между этими разломами эшелонированно располагаются мелкомасштабные правые сдвиго-сбросы, сбросы и раздвиги, вытянутые в северо-за-



**Рис. 8.** Схема структурно-динамического контроля рудной минерализации Хаканджинского рудного района.

1 – контуры раздвигов с трансензионным режимом развития и элементами их металлогенической специализации; 2, 3 – векторы тектонических напряжений: сжатия (2), растяжения (3). Другие обозначения на рис. 2 и 6.

падном направлении субпараллельно региональному горизонтальному сжатию. В режиме трансенсии раздвижки проникали на большую глубину и являлись каналами для магматического и рудного вещества. Они контролируют пространственное положение рудных узлов (Верхнеанчанского, Кютепского, Пестринского и др.) с комплексной минерализацией, где наряду Au и Ag значительную роль играют проявления Sn, Pb, Zn, W, Mo, Cu. Химический состав магмы и руд характеризуют глубину проникновения раздвигов в земную кору и мантию. Выполненные расчеты доказывают, что в Хаканджинском рудном районе эти раздвижки целиком охватывают коровый диапазон глубин. Особенности тектоники, металлогении и палеогеодинамики рассмотренного района находят аналоги во многих рудных районах Дальнего Востока [7, 33, 34, 38, 42, 41].

Как правило, рудные районы Охотско-Чукотского и Восточно-Сихотэ-Алинского вулcano-плутонических поясов расположены в депрессионных

(грабены, кальдеры) и купольных (палеовулканы, экструзии, батолиты) структурах, положение которых контролируют северо-восточные и меридиональные сдвиговые дуплексы растяжения, компенсированные эффузивами и магмой разного состава [33, 39, 41]. В результате многократных пароксизмальных извержений произошло перемешивание коровых и мантийных магм, что способствовало образованию магм с различной металлогенической специализацией [11]. Неизменность сдвигового режима длилась на протяжении раннего и позднего мела–палеогена [33]. Контроль рудных месторождений сдвиговыми зонами осуществляется на участках их пересечения с гранитными криптобатолитами. В вулканогенном чехле эти разломы в режиме трансенсии проявлены в виде кулисных рудных тел, являющихся показателями малых амплитуд смещения рудовещающих разломов. В центральной части кулис, как правило, расположены рудные столбы [33, 40]. Рудная зональность месторождений связана с глубиной эрозионного среза рудно-

магматических систем. Чем больше срез, тем более высокотемпературной минерализацией характеризуется месторождение. Золото и серебро отлагается на более высоком уровне рудно-магматических систем. В эпитегрмальных месторождениях развита адуляризация, а мезотермальных – альбитизация вмещающих пород [4]. Анализ геодинамики, магматизма и металлогении золота российского сектора Тихоокеанского пояса эпитегрмальных месторождений и вулканогенных поясов мира освещен в работах [4, 7, 11, 22, 30, 35, 46]. Признана связь этих месторождений с разновозрастными постаккреционными вулканическими поясами, зонами субдукции и областями тектоно-магматической активизации.

### ВЫВОДЫ

В результате тектонического анализа разрывных дислокаций и гравитационных моделей в земной коре Охотского массива и прилегающих районах Охотско-Чукотского вулканического пояса выявлены новые черты строения и палеогеодинамики тектонических структур и связанные с ними закономерности пространственного размещения рудных месторождений.

1. Выявлены два главных взаимосвязанных фактора, определяющих строение Хаканджинского района и размещение рудной минерализации:

– приуроченность района к своду тектоно-магматической структуры центрального типа, связанной с подкоровыми магмами, несущими разнообразную рудную минерализацию;

– приуроченность района к меридиональной левосдвиговой магмо-рудоконтролирующей структуре, в которой наиболее продуктивный тектонический режим для рудоотложения отвечал условиям локального растяжения на фоне общего латерального сжатия.

2. Сочетание магматического (СЦТ) и тектонического (дуплекс) факторов обуславливает два критерия оценок закономерностей размещения рудной минерализации и, соответственно, два прогнозных критерия для поисков новых месторождений.

3. Месторождения и рудопроявления Хаканджинского района концентрируются в двух поясах, обрамляющих свод одноименной СЦТ (магматический контроль оруденения). Во внутреннем поясе располагаются преимущественно золото-серебряные рудные узлы, а во внешней – рудные узлы с W, Mo, Cu, Pb, Zn и Sn- минерализацией (рис. 6).

4. В верхних горизонтах коры размещение рудной минерализации контролируется сдвигами и связанными с ними зонами растяжения (тектонический контроль оруденения), которые нередко заполняются рудогенными магмами и флюидами. В синдвиговых

зонах растяжения северо-западного простирания локализируются рудные узлы (рис. 8).

Авторы надеются, что выполненные расчеты и выявленные закономерности найдут применение при дальнейших тектонических, петрохимических, металлогенических, геодинамических и геофизических исследованиях, а установленная рудная зональность Хаканджинской СЦТ станет ориентировкой при планировании поисковых и геолого-разведочных работ.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФБУ «Территориальные фонды геологической информации по Дальневосточному федеральному округу», предоставившим возможность использовать фондовые геологические материалы.

Статья подготовлена при поддержке Гранта ДВО РАН 15-1-2-004 по программе фундаментальных исследований ДВО РАН «ДАЛЬНИЙ ВОСТОК» на 2015–2017 гг.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блох Ю.И., Каплун Д.В., Коняев О.Н. Возможности интерпретации потенциальных полей методами особых точек в интегрированной системе "СИНГУЛЯР" // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1993, № 6. С. 123–127.
2. Буряк В.А., Кельмачев В.Л., Опарин М.И. Новый тип золото-серебряного оруденения в Охотском срединном массиве // Докл. АН СССР. 1990. Т. 310, № 3. С. 668–672.
3. Буряк В.А. Основы минерагении золота. Владивосток: Дальнаука, 2003. 262 с.
4. Василевский М.М., Довбня А.В., Некрасова Ж.А. Региональные и локальные закономерности размещения эпитегрмальных золото-серебряных и полиметаллических месторождений. Л., 1970. 58 с.
5. Вашилов Ю.Я., Гайдай Н.К., Максимов А.Е., Любомудров В.В., Лучинина А.В., Постникова В.В. Полиастеносфера Северо-Востока России – методы изучения, структура, кинематика, динамика // Астеносфера и литосфера Северо-Востока России (структура, геокинематика, эволюция). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 135–142.
6. Гамянин Г.Н., Прокопьев А.В. Мезозойская металлогения Южно-Верхоянского синклиория // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы Второй Всерос. конф. с междунар. участием, г. Владивосток, 17–20 сентября 2014 г. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 304–306.
7. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с. + цв. карта.
8. Геологическая карта СССР. Лист Р-54-XXX Приохотская серия. 1: 200 000: Объясн. зап. / Ф.Ф. Вельдяков. Магадан, 1977.
9. Геологическая карта СССР. Лист Р-54-XXXVI Приохотская серия. 1: 200 000: Объясн. зап. / Е.Г. Песков, Р.Б. Умитбаев. Магадан, 1977.
10. Гончаров В.И., Буряк В.А., Горячев Н.А. Крупнообъемные

- месторождения золота и серебра вулканических поясов // Докл. РАН. 2002. Т. 387, № 5. С. 678–680.
11. Горячев Н.А., Волков А.В., Сидоров А.А., Гамянин Г.Н., Савва Н.Е., Округин В.М. Au-Ag – оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии // Литосфера. 2010. № 3. С. 36–50.
  12. Гравиразведка. Справочник геофизика. М.: Недра, 1981. 397 с.
  13. Карта аномального магнитного поля территории СССР. 1: 2 500 000 / Отв. ред. З.А. Макарова. М.: ГУГК, 1974.
  14. Карта вулкано-тектонических структур прибрежно-материковой части Дальнего Востока. 1:1 500 000 / Ред. Н.А. Шило, Ю.А. Косыгин. М.: ГУГК, 1982.
  15. Карта месторождений и проявлений полезных ископаемых Хабаровского края. 1:1 000 000. Хабаровск: ФБУ Территориальный фонд геологической информации по Дальневосточному федеральному округу, 2012.
  16. Майборода А.А. Золоторудный потенциал Охотского срединного массива // Горн. журн. 2006. № 6. С. 54–59.
  17. Майборода А.А. Перспективы создания минерально-сырьевой базы рудного золота Охотского района // Горн. информ.-аналит. бюлл. Науч.-техн. журн. 2007. Вып. 2. Т. 8. С. 32–37.
  18. Металлогения Дальнего Востока России / В.И. Сухов, Ю.И. Бакулин, Н.П. Лошак и др. Хабаровск, 2000. 217 с.
  19. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
  20. Петрищевский А.М. Вязкий слой на границе кора-мантия на Дальнем Востоке // Геотектоника. 2008. № 5. С. 37–48.
  21. Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П. Реология и металлогения Мая-Селемджинского плюма // Докл. РАН. 2011. Т. 440, № 2. С. 207–212.
  22. Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П. Металлогения глубинных структур земной коры Южного Сихотэ-Алиня (по гравиметрическим данным) // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 41–45.
  23. Петрищевский А.М. Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии (в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Восточной Азии). М.: Наука, 2013. 192 с.
  24. Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П. Геофизические, магматические и металлогенические признаки мантийного плюма в верховьях рек Алдан и Амур // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 4. С. 568–593.
  25. Петрищевский А.М. К проблеме Охотского массива (Северо-Западное Приохотье) // Тихоокеан. геология. 2015. Т. 34, № 1. С. 48–59.
  26. Петрищевский А.М. Статистическая гравитационная модель литосферы Австралии // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 43-й сессии Междунар. науч. семинара им. Г.Д. Успенского. Воронеж: ВГУ, 2016. С. 138–141.
  27. Разломы и горизонтальные движения земной коры. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 311 с.
  28. Сакулина Т.С., Каленич А.П., Атаков А.И., Тихонова И.М., Крупнова Н.А., Пыжьянова Т.М. Геологическая модель Охотоморского региона по данным опорных профилей 1-ОМ и 2-ДВ-М // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. С. 11–17.
  29. Селезнев В.С., Соловьев В.М., Еманов А.Ф., Ефимов А.С., Сальников А.С. и др. Глубинные вибросейсмические исследования на Дальнем Востоке России // Пробл. информ. 2013. № 3. С. 30–41.
  30. Стружков С.Ф. Закономерности размещения и основы прогнозирования золото-серебряных месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. М., 2003. 32 с.
  31. Тектоническая карта области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов. 1: 1500 000 / Ред. Л.П. Карсаков, Чжао Чуньцзинь, Ю.Ф. Малышев, М.В. Горошко. С объясн. зап. Владивосток-Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2005. 262 с.
  32. Умитбаев Р.Г. Охотско-Чаунская металлогеническая провинция. М.: Наука, 1986. 268 с.
  33. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 165 с.
  34. Уткин В.П., Митрохин А.Н., Неволин П.Л., Саядян Г.Р., Сорокин Б.К. Структурно-динамический фактор распределения золотой минерализации Южного Приморья // Докл. РАН. 2004. Т. 394, № 5. С. 654–658.
  35. Ханчук А.И., Иванов В.В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 1. С. 1635–1645.
  36. Хомич В.Г. Геолого-структурные условия локализации золото-серебряного оруденения в вулкано-плутонических поясах Дальнего Востока / Геологические условия локализации эндогенного оруденения. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 31–62.
  37. Чанышев И.С., Мальцев В.Г., Савин В.К. Хаканджинское месторождение // Геология золоторудных месторождений Востока СССР. Л.: ВСЕГЕИ, 1988. С. 208–229.
  38. Шахтыров В.Г. Сдвиговые структурные ансамбли и золотое оруденение Яно-Кольмской складчатой системы (Якутия): Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Иркутск, 2010. 50 с.
  39. Эпштейн Ю.А., Фельдман А.А., Морозова Л.В. Строение вулкано-тектонических структур и положение в них рудных полей по данным комплексных геолого-геофизических исследований // Геология и разведка. 1985. № 6. С. 47–54.
  40. Юшманов Ю.П. Эшелонированные разрывные структуры месторождения Минеральное в восточном Сихотэ-Алине // Вести Колымы. 2003. № 21. С. 45–46.
  41. Юшманов Ю.П., Петрищевский А.М. Тектоника, глубинное строение и металлогения Прибрежной зоны Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2004. 111 с.
  42. Юшманов Ю.П. Структурно-тектонические закономерности размещения золота в Пильда-Лимурийском рудном районе Нижнего Приамурья // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 4. С. 99–109.
  43. Burt A., Gouthas G., Preiss W., Reed G., Robertson S., Fabris A., Shearer A. Multi-data source approach for estimating depth to basement, Curnamona Province, South Australia // MESA Journ. 2005. V. 36. P. 12–19.
  44. Chenrai P., Meyers J., Charusiri P. Euler Deconvolution technique for gravity survey // J. Appl. Sci. Res. 2010. V. 6, N 11. 1891–1897.
  45. Evans G.C. Application of Poincare's sweeping-out process // Mathematics. 1933. V 19. 457–461.
  46. Sillitoe R.H., Camus F. (Ed.). Gold deposits of the Chilean

- Andes // Econ. Geol. 1991. V. 86, N 6. P. 1153–1345. <http://www.vsegei.ru>
47. Zhang C., Mushayandebvu F.M., Reid A.B., Fairhead J.D., Odegard M.E. Euler deconvolution of gravity tensor data // Geophysics. 2000. V. 65, N 2. P. 512–520.
48. Гис-Атлас «Недра России» [Электронный ресурс] – URL: <http://mestor.geoinfocom.ru>
49. Хаканджинское месторождение [Электронный ресурс] – URL: <http://mestor.geoinfocom.ru>
48. Гис-Атлас «Недра России» [Электронный ресурс] – URL: *Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем*

*Yu.P. Yushmanov, A.M. Petrishchevsky*

### **Tectonics and metallogeny of the Hakandzhin ore region in the Okhotsk-Chukotka volcanic belt**

Results of the research of the structure, geodynamics and metallogeny of the Hakandzhin ore region in the Northwest Okhotsk Sea margin are analyzed. In its territory, two main factors controlling localization of ore deposits are defined. The magmatic factor characterizes the confinement of the ore region to the tectonic-magmatic structure of the central type (a source of ore substance) defining concentric zonality of the ore mineralization placement. The tectonic factor characterizes the space placement of ore knots, deposits, and occurrences of the area to meridional left shift magma- and fluid-distributing structure in which the most productive tectonic mode for an ore deposit corresponded to the conditions of local stretching in the mode (transtension) against the general lateral compression (transpression).

**Key words:** tectonics, magmatism, gold, metallogeny, gravity models, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, Okhotsk Sea margin.