

Методы и методики прогноза, поисков,
оценки и разведки месторождений

ГЛУБИННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ УЛЬИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Выполнена качественная и количественная интерпретация данных гравитационного и магнитного полей с помощью пакета «КОСКАД-3D» для Ульяновской впадины и её обрамления. Построена плотностная 3D модель литосферы региона, созданы петроплотностная и петромагнитная карты, что позволило получить новую информацию о петрофизических особенностях и глубинном строении указанной территории. Проведённые исследования дали возможность проследить связь золотого оруденения с разноуровневыми разрывными структурами и литосферными неоднородностями, выделить на их основе перспективные участки для дальнейших прогнозно-поисковых работ.

Ключевые слова: литосфера, земная кора, гравитационное поле, вулканотектоническая структура, разлом, золоторудная минерализация.

Изученная охотоморская окраина континента преимущественно охватывает Ульяновскую вулканотектоническую структуру (ВТС) Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП), наложенную на Охотский массив и прилегающие территории. Почти за два века геологического исследования района выполнены металлогенические обобщения, созданы металлогенические и прогнозные карты [2, 4–6, 8, 10, 12, 18, 19], благодаря которым разработаны закономерности размещения месторождений рудного золота. Несмотря на это, многие металлогенические проблемы остаются не раскрытыми, особенно касающиеся областей источника и транзита рудно-магматических систем.

В экономическом отношении одна из важнейших проблем золоторудной геологии Охотского массива – расширение сырьевой базы Хаканджинского промышленного золоторудного узла, в том числе и за счёт объектов Ульяновской вулканогенной впадины, в частности месторождений Гырбыканское, Чачика, Хоторчанское, Юровское и др.

В металлогеническом отношении территория относится к Охотско-Чукотской металлогенической провинции [2, 6, 12, 13], простирающейся в северо-западном направлении более чем на 3600 км и имеющей ширину 150–450 км. Граница провинции отвечает границам одноимённого вулканоплутонического пояса, разбитого на девять вулканических зон. В пределах рассматриваемой площади выделяются Ульяновская, фрагментарно Куйдусунская и Удская вулканические зоны. Рудоносность провинции связана с мезозойской металлогенической эпохой. Главной по продуктивности являются раннемеловая золоторудная и позднесенноманская золото-серебряная минерализация. В целом металлогеническая специализация провинции определяется как золото-серебро-олово-полиметаллическая.



**и РУДЫ
и МЕТАЛЛЫ**



**Иволга
Екатерина Григорьевна**

старший научный сотрудник
кандидат геолого-минералогических наук
ivolga@itig.as.khb.ru

**Манилов
Юрий Феликсович**

старший научный сотрудник
кандидат геолого-минералогических наук
ymanilov@itig.as.khb.ru

**Гурович
Венера Гареевна**

научный сотрудник
itig@itig.as.khb.ru

ФГБУН Институт тектоники и геофизики
им. Ю.А.Косыгина,
г. Хабаровск



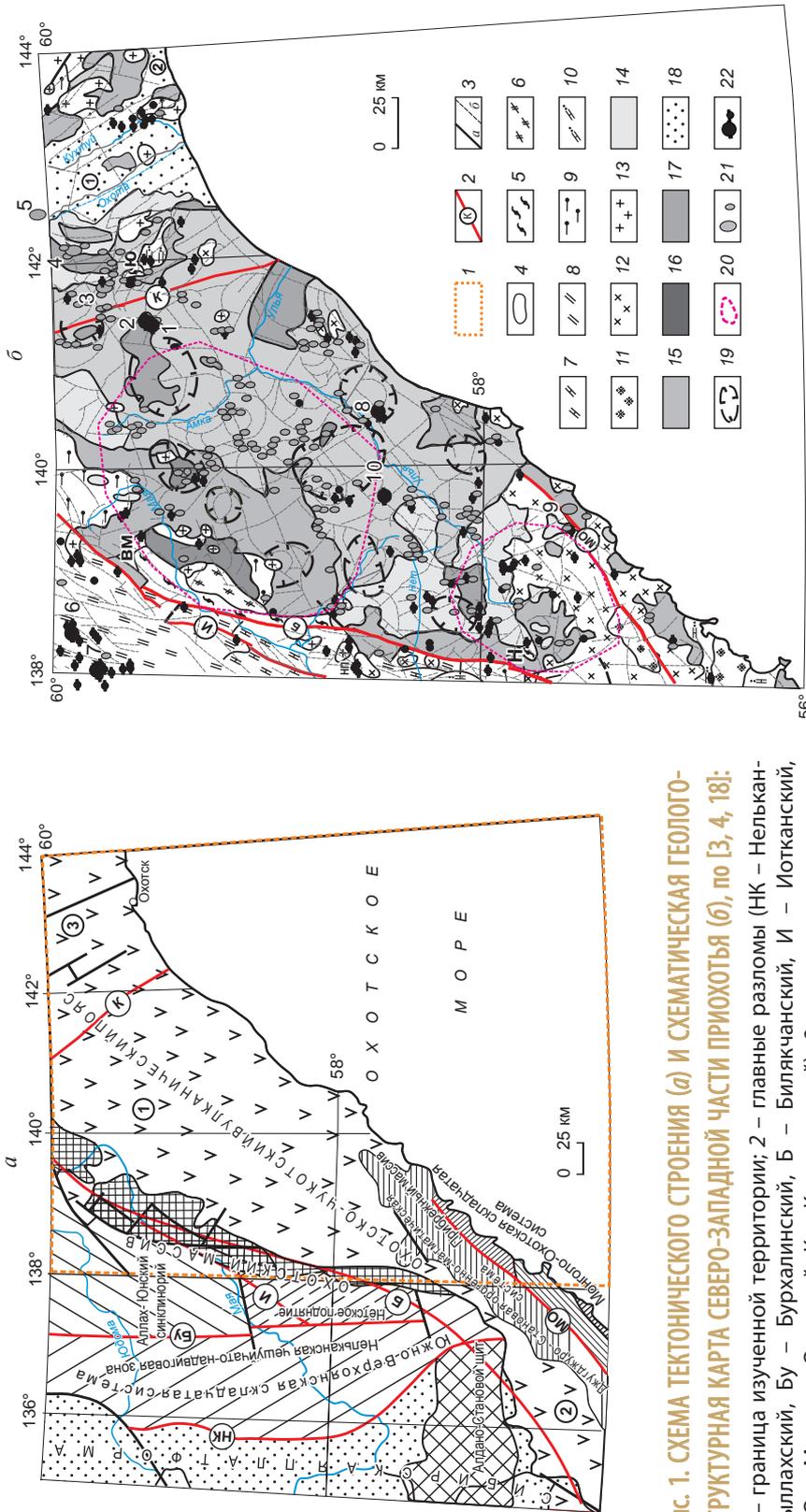


Рис. 1. СХЕМА ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ (а) И СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ КАРТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИХОХТЬЯ (б), по [3, 4, 18]:

1 – граница изученной территории; 2 – главные разломы (НК – Нелькан-Кылахский, Бу – Бурхалинский, Б – Билякчанский, И – Иотканский, МО – Монголо-Охотский, К – Кетандинский); 3 – разломы, выделенные на геологической карте м-ба 1:1 000 000 (а – основные, б – прочие); 4 – геологические границы разных тектонических структур и комплексов пород; образования Верхояно-Колымской складчатой области; 5 – выступы докембрийского кристаллического фундамента (ВМ – Верхнемайский, Н – Налбандинский, Ю – Юровский), 6 – нижнепротерозойские метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные породы, 7 – терригенно-карбонатные отложения позднего протерозоя, кембрия, ордовика, силура (PR₂–S) Нётского поднятия (НП), 8 – преимущественно терригенные образования (С₁–P₂) Алаха-Юнского синклинали, 9 – терригенные образования триаса, юры верхоянского комплекса; 10 – терригенно-карбонатные образования (PR₂–D) Аянско-Охотской антиклинория Монголо-Охотской складчатой системы; 11 – гранитоиды ранне-позднемилового возраста (γ, убК₁и); 12 – гранитоиды ранне-позднемилового возраста джунджурского комплекса (γ₁, убК₁₋₂d) – Прибрежный массив; 13 – гранитоиды позднемилового возраста (γК₂); вулканогенные образования Ульинского (1), Удского (2) межгорных прогибов и Охотско-Гусинского поднятия (3) (цифры в кружках на схеме); 14 – кислого, 15 – среднего, 16 – основного, 17 – смешанного состава; 18 – неоген-четвертичные отложения континентальных впадин; 1 – Охото-Хухуйская, 2 – Мареканская (цифры в кружках на карте); 19 – вулканоплутонические структуры; 20 – кольцевые морфоструктуры, выраженные в рельефе; месторождения и рудопроявления золота разных формаций; 21 – золотосеребряной (3 – Юрьевское, 4 – Чачика, 5 – Хаканджинское (выходит за пределы карты на севере), 9 – Тукчинское), 22 – золото-кварцевой (1 – Гербыканское, 2 – Хоторчанское, 6 – Лот, 7 – Огонёк, 8 – Колоклинское, 10 – Светлое)

Цель настоящих исследований – выявление особенностей глубинного структурного и геофизического контроля известных золоторудных объектов путём составления новой глубинной основы по петрофизическим и геофизическим данным и выделение перспективных площадей для дальнейших работ.

Согласно [1, 3, 4, 19], данная территория представляет собой сложный структурный узел, где сочленяются Верхояно-Колымская, Монголо-Охотская складчатые области, Джугджуро-Становая орогенно-магматическая система (Становая гранит-зеленокаменная область, по [17]), на которые и наложен ОЧВП (рис. 1, а, б). В геологическом отношении она достаточно детально изучена геологическими съёмками м-ба 1:1 000 000–1:200 000 и крупнее. В результате проведено фаціальное расчленение вулканических образований разреза, выделена серия субвулканических построек, создана подробная карта разрывной тектоники [1, 3, 4].

Верхояно-Колымская складчатая область представлена Южно-Верхоянской складчатой системой и Охотским срединным массивом, граница между которыми проходит по близмеридиональной зоне Билякчанского глубинного разлома. Южно-Верхоянская складчатая система включает Нётское поднятие и Аллах-Юнский синклиорий (см. рис. 1, а). Сложена терригенными и терригенно-карбонатными отложениями позднего протерозоя и палеозоя.

Охотский срединный массив почти полностью перекрыт вулканитами Охотско-Чукотского пояса, лишь на западе раннепротерозойский кристаллический фундамент выведен на поверхность. В его составе также имеются небольшие выходы архейских метаморфических образований – Верхнемайское, Юровское, Налбандинское поднятия (см. рис. 1, б), которые по составу, фациям метаморфизма, степени гранитизации и характеру дислокаций практически не отличаются от метаморфического комплекса, слагающего фундамент Сибирской платформы. Нижнепротерозойские образования Билякчанской зоны представлены вулканогенно-терригенными формациями, метаморфизованными в зеленосланцевой фации, сопоставимыми с зеленокаменными троговыми комплексами западной части Алданского щита, прорваны многочисленными интрузиями мезозойских гранитоидов [3, 4].

Джугджуро-Становая орогенно-магматическая система ограничена Южно-Алданским (Преддзуг-

джурским) и Монголо-Охотским глубинными разломами, сложена исключительно магматическими образованиями. Наиболее крупный Прибрежный массив меловых гранитоидов представляет собой огромное сложно построенное трещинное тело длиной 200 км, шириной 70 км (см. рис. 1, б). В провисах кровли массива распространены меловые вулканические образования. Типичны разломы северо-восточного направления, параллельные Южно-Алданскому и Монголо-Охотскому разломам.

Монголо-Охотская складчатая система представлена Аянским антиклинорием (см. рис. 1, а), в строении которого участвуют верхнепротерозойские и палеозойские терригенно-карбонатные отложения общей мощностью 7,5 км, прорванные телами палеозойских габброидов и гранитов, мезозойских гранитоидов. Разрывные нарушения принадлежат к системе Монголо-Охотского разлома.

Охотско-Чукотский вулканический пояс является системой вулканических прогибов, сформировавшихся в субаэральных условиях и вытянутых в северо-восточном направлении. В пределах описываемой территории располагаются Ульяновский (2) и северная часть Преддзугджурского прогиба (1), разделённые Прибрежным поперечным поднятием. Общая протяжённость вулканитов на территории 370 км, максимальная ширина 150 км, мощность вулканогенных толщ 3,5 км. На крайнем востоке, в пределах Охото-Гусинского поперечного поднятия (3), широко распространены меловые гранитоиды (см. рис. 1, а).

В формационном отношении прогиб построен следующим образом [1, 19]. В основании вулканогенного разреза залегают нижнемеловые толщи преимущественно андезитового состава (учуликанская и ульбериканская свиты). Их перекрывают вулканогенные толщи смешанного состава (еманринская свита), слагающие центральные и юго-восточные его части. Выше по разрезу вулканиты емаринской свиты сменяются продуктами кислого и щелочного вулканизма (верхнеамкинская толща и тунумская свита). Завершают разрез ограниченно распространённые верхнемеловые – палеогеновые покровы базальтов (хакаринская свита). Широко развиты субвулканические и жерловые образования различного состава (см. рис. 1, б), слагающие неки, штоки, лакколито-подобные тела, экструзивные купола и дайки.

Вулканические комплексы включают немногочисленные гранитоидные интрузии валанжина – гориева (120 млн лет), апта – альба (114–104 млн лет).

Основное для Ульинской металлогенической зоны золото-серебряное оруденение возникло в позднеэоценоманскую металлогеническую стадию, парагенетически связано с интрузиями диорит-монцитит-гранодиоритовой формации и субвулканическими риодацитовыми телами (джугджурский, ульбейский, урацкий комплексы), геохимически специализированными на Au, Cu, Pb, Zn, Bi, As, W. Здесь обнаружено более 211 проявлений золото-серебряной формации, в том числе три месторождения, 116 – золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой, в том числе четыре месторождения [10, 12].

Связь золотого оруденения с глубинными геофизическими и петрофизическими особенностями изучалась многими исследователями [7, 15, 16]. В качестве главных рудоконтролирующих факторов для ОЧВП выделяются [2, 5, 12, 18, 19]: глубинные и региональные разломы, зоны разуплотнения (гранитизации) литосферы, разнопорядковые интрузивно-купольные и депрессионные структуры. Важное значение имеют резкие изгибы простираения и сочленений отдельных структурных элементов, участки унаследованного наложенного развития от (раннемеловой) металлогенической стадии к позднемеловому оруденению в пределах одной металлогенической зоны. Об этом свидетельствуют условия локализации наиболее известных месторождений Чачикского, Юрьевского, Хоторчанского, Авлекит-Чичиканского рудных узлов [10, 12].

Методика настоящих исследований выбрана исходя из обозначенных факторов локализации оруденения. В первую очередь, она направлена на изучение глубинной структуры региона по апробированной ранее методике [11], во вторую – на выяснение приуроченности оруденения к петрофизическим и физическим неоднородностям. Для этого были построены и проанализированы схемы разрывной тектоники с учётом геологической (геологическое картирование), петрофизической (на основе созданных петрофизических карт), геофизической (на основе гравиметрических и магнитометрических данных) информации. В результате выделены разрывные нарушения, важные с позиций локализации оруденения.

Глубинные особенности размещения оруденения изучены посредством качественной и количественной обработки и интерпретации карт гравитационного и магнитного полей м-ба 1:2 500 000, созданных на основе съёмок м-ба 1:1 000 000–1:200 000, материалов профильных исследований ГСЗ. Основным инструментом обработки данных геопотенциальных полей явилась компьютерная технология «КОСКАД-3D», предназначенная для обработки трёхмерной цифровой геоинформации методами вероятностно-статистического анализа [14]. Функциональное наполнение комплекса «КОСКАД-3D» дало возможность на современном уровне провести спектрально-корреляционный и статистический анализы геолого-геофизических данных, выполнить 2D- и 3D-моделирование. Используемые в комплексе линейные оптимальные фильтры позволяют представить исходное поле набором составляющих с последовательным уменьшением доли низких частот. Разделение поля на составляющие с помощью указанных фильтров выполнялось методом скользящего окна. Радиус осреднения подбирался исходя из латеральных размеров образующих аномалию объектов. В результате построены карты низкочастотной, среднечастотной и высокочастотной составляющих потенциальных полей. По каждой карте строилась схема разрывной тектоники и анализировалось положение рудных объектов относительно выделенных неоднородностей. Кроме того, путём решения обратной задачи была построена плотностная 3D-модель территории, которая позволила рассмотреть положение рудных объектов относительно глубинных плотностных неоднородностей.

Петроплотностная и петромагнитные карты построены по оригинальной методике [7, 9]. Они дали возможность проанализировать связь оруденения с петрофизическими неоднородностями на площади, а также определить особенности разрывной тектоники верхней части земной коры.

Петрофизические характеристики пород вулканических комплексов авторами рассмотрены ранее [9]. Было установлено, что в целом вулканические образования отличаются повышенной намагниченностью, особенно субвулканические. Как показывает анализ карты магнитной восприимчивости (рис. 2, А), главная петромагнитная аномалия имеет северо-восточное простираение и совпадает с Ульинской ВТС. Пониженной магнитной восприимчивостью отличаются блоки северо-за-

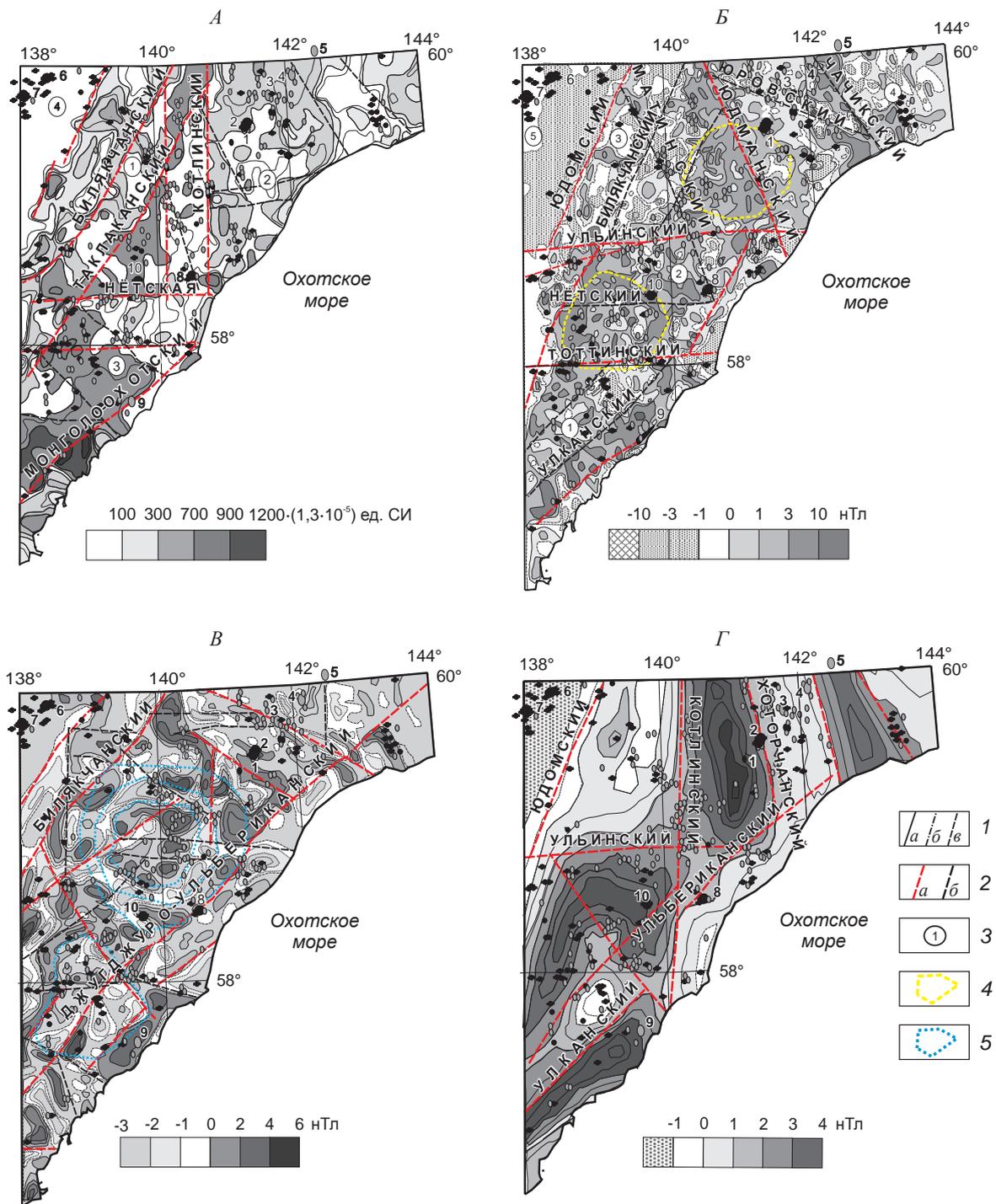


Рис. 2. ПОЛОЖЕНИЕ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЕТРОМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ И РАЗНОГЛУБИННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ (А – ПЕТРОМАГНИТНАЯ КАРТА, КАРТЫ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ: НАБЛЮДЁННОГО (Б), СРЕДНЕЧАСТОТНОЙ (В), НИЗКОЧАСТОТНОЙ (Г) СОСТАВЛЯЮЩИХ):

1 – изолинии магнитной восприимчивости (А) магнитного поля (Б–Г): а – положительные, б – нулевые, в – отрицательные; 2 – разломы, выделенные по соответствующим картам (а – основные, б – прочие); 3 – разнотипные районы, выделяемые по соответствующим картам; 4 – кольцевые структуры положительного наблюдаемого поля (Б); 5 – кольцевая структура среднечастотной составляющей магнитного поля (В); остальные усл. обозн. см. рис. 1

падного обрамления ВТС, соответствующие образованиям Аллах-Юнской структуры и Охотского массива, а на северо-востоке – образованиям наложенных Охото-Кухтуйской и Мароканской впадин меридиональной направленности. Ульинская ВТС по петромагнитным характеристикам неоднородна, в её пределах выделяются блоки разной интенсивности и направленности. Максимальной магнитной восприимчивостью обладает южный блок (3), ограниченный на севере широтной Нётской зоной и соответствующий Джугджуро-Становой магматической системе, с преимущественно субширотно-северо-восточной направленностью аномалий (см. рис. 2, А). Центральный блок (1), ограниченный Нётским на юге и Котлинским на востоке разломами, промежуточный по интенсивности, с меридиональной (южно-верхоянской) направленностью аномалий. Северо-восточный блок (2), включающий Юровский выступ древних пород, наименее намагниченный, имеет субширотно-субмеридиональную (центрально-азиатскую) направленность аномалий. Северо-восточная зона Таклаканского разлома, вероятно, является границей, отделяющей древние консолидированные структуры от Прибрежной области, подвергшейся процессам мезозойской активизации. По разлому происходит смена тренда направлений основных дизъюнктивов с северо-западного на северо-восточный. Анализ приуроченности объектов золотой минерализации показывает, что золото-серебряные объекты тяготеют к аномалиям магнитной восприимчивости (Ульинская ВТС), золотые и золото-кварцевые ассоциируются с немагнитными осадочно-метаморфогенными образованиями Охотского массива и Южно-Верхоянской складчатой системы (блок 4), а внутри ВТС – к участкам развития вулканогенных образований кислого или смешанного состава. Рудоконтролирующее значение имеют меридиональная Котлинская, широтные Нётская и Тоттинская, северо-восточная Монголо-Охотская разрывные системы.

Особенности связи золотого оруденения и аномалий наблюденного магнитного поля территории видны на рис. 2, Б. В отличие от петромагнитной карта наблюденного магнитного поля более дифференцирована по интенсивности (знакопеременное поле) и морфологии. В магнитном поле выделяются пять областей: южная (1) с сильно дифференцированным полем и аномалиями северо-восточной направленности; центральная

(2), ограниченная широтными Тоттинским и Ульинским разломами, с преобладанием положительного магнитного поля и разнонаправленным характером аномалий; западная (3), ограниченная Ульинским, Юдманским и Юдомским разломами со знакопеременным полем и полосовым характером аномалий северо-восточной направленности; восточная (4) со знакопеременным полем и северо-западной направленностью локальных аномалий; северо-западная (5) с отрицательным полем и северо-восточной направленностью аномалий. В целом характер поля неплохо сочетается с картой магнитной восприимчивости и распространением породных комплексов (геологической картой), где аномалии положительного поля отвечают магматитам средне-основного состава, а отрицательные – осадочно-метаморфическим комплексам пород или магматитам кислого состава.

На среднечастотном уровне происходит более четкое обособление локальных магнитных аномалий (рис. 3, В). В центральной части территории выделяется крупная кольцевая структура радиально-концентрической зональности с максимумом магнитного поля в центре и оторочкой магнитных аномалий по периферии, к которой приурочено значительное число рудных объектов в основном золото-серебряной минерализации. Полученный рисунок позволяет предположить возможность формирования гранитоидной купольной структуры на глубине, эрозионные окна которой образуют зону отрицательного магнитного поля. Другая на этом уровне кольцевая зональная структура обособляется на юге. Она значительно меньше по размерам, в центральной части имеет выходы средне-кислых экструзий и позднемеловых гранитов, перемежающихся далее по радиусу с покровными образованиями Ульинского прогиба. Особенность её рудной специализации – преобладание золото-кварцевого оруденения.

На низкочастотном уровне (см. рис. 2, Г) обе кольцевые структуры проявлены областями пониженного магнитного поля, что свидетельствует об их гранитоидном составе. Здесь также выделяются четыре крупные положительные аномалии магнитного поля, соответствующие различным блокам вулканоструктуры, которые являются элементами единой региональной аномалии, охватывающей поле развития вулканогенных образований. Рудные объекты размещаются по периферии ано-

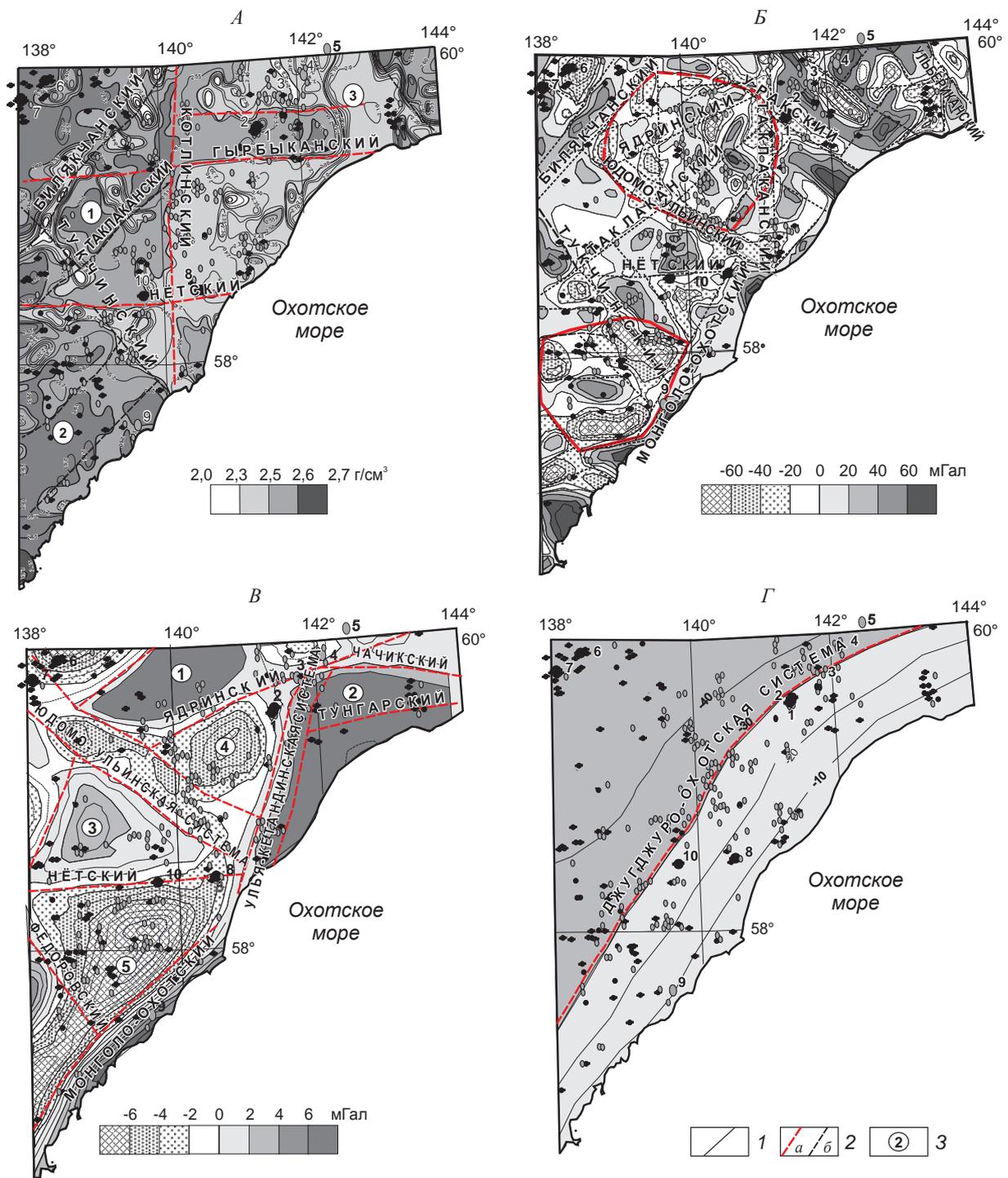


Рис. 3. ПОЛОЖЕНИЕ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЕТРОПЛОТНОСТНЫХ АНОМАЛИЙ И РАЗНОГЛУБИННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ (А – петроплотностная карта; карты-трансформанты гравитационного поля: Б – высокочастотной, В – среднечастотной, Г – низкочастотной составляющих):

1 – изолинии плотности (А) и гравитационного поля (Б–Г); 2 – разломы, выделенные по расчётным картам (а – основные, б – прочие); 3 – разнотипные районы, выделяемые по соответствующим картам; остальные усл. обозн. см. рис. 1

малый. Предполагаемая природа аномалий – область развития нижнемеловых средне-основных вулканических пород, центр которой соответствует магматическим глубинным палеоочагам. На карте наблюденного поля (см. рис. 2, Б) две аномалии выражены в виде кольцевых структур – центральной и южной, которым на поверхности соответствуют субвулканические структуры основного и смешанного составов. Сеть разрывных нарушений на основе петромагнитной карты и регионального магнитного поля формируют в основном меридиональные и субширотные системы, а наблюденного поля и поля среднечастотных аномалий – северо-восточные и северо-западные. Широтные разломы (Ульинский и Тоттинский) смещают северо-восточные, а меридиональная (Котлинская) система, наоборот, служит линией «столкновения» северо-восточных и северо-западных нарушений. Функция рудного контроля более характерна именно для северо-западных разломов. Наиболее ярко как рудоконтролирующие по рассмотренным материалам проявились Юрьевский, Матинский, Хоторчанский, Юдомский северо-западные разломы, меридиональная Котлинская система.

Представление о блоковой структуре изучаемой территории получено после обработки гравиметрической информации. Картину близ дневной поверхности отражает петроплотностная карта (см. рис. 3, А), имеющая достаточно сложную морфологию. Ульинский прогиб выразился северо-восточной направленностью плотностных неоднородностей и фрагментарно область пониженной плотности на фоне крупной области высокой плотности. Это не противоречит пониманию её как наложенной структуры, отражённому в более ранних работах [1, 3, 4]. Меридиональным Котлинским разломом территория делится на два блока – западный и восточный. Для западного блока характерна повышенная плотность пород 2,50–2,70 г/см³, для восточного – <2,50. Широтным Нётским разломом западный блок делится на два подблока: северный (1) и южный (2). Северный – преимущественно метаморфогенный, представлен породами Охотского массива и Южно-Верхоянской складчатой системы, более дифференцирован по плотности, в том числе и за счёт развития кайнозойских депрессионных структур пониженной плотности. Южный – преимущественно магматогенный, представлен породами

Джугджуро-Становой системы, более выдержан по плотностным характеристикам. В пределах восточного блока (3), имеющего наиболее низкий уровень плотностей, выделяются несколько более мелких подблоков повышенной плотности. Среди них широтный Гырбыканский подблок, обусловленный выходами триасовых пород, вмещающих Юровский выступ Охотского массива, и подблок крайнего северо-востока площади, отвечающий породам Гусинско-Кухтуйского поднятия. Анализ положения рудных объектов в зависимости от локальных петроплотностных особенностей показывает, что прямой связи между ними не существует, карта плотности лишь отражает особенность породных комплексов. В то же время, объекты золотой и золото-кварцевой формаций тяготеют к региональным аномалиям повышенной плотности (осадочно-метаморфогенным образованиям), а золото-серебряной – к областям пониженной (вулканогенным образованиям). Более чётко в качестве рудоконтролирующих выделяются разрывные структуры: северо-западная Тукчинская и северо-восточная Белякчанская системы, а также широтные Гырбыканская и Нётская, меридиональная Котлинская.

Главная региональная закономерность изменения наблюденного гравитационного поля для территории состоит в том, что его интенсивность уменьшается с юго-востока на северо-запад (от Охотского моря к Аллах-Юнскому синклинию) и имеет обратный плотностному тренду характер. Логично считать, что региональные особенности гравитационного поля не объясняются приповерхностными плотностными характеристиками геологических блоков, а обусловлены более глубинными неоднородностями. Иная картина с локальными аномалиями. В большинстве случаев локальные аномалии гравитационного поля соответствуют локальным петроплотностным неоднородностям (приповерхностным породным комплексам). Разложение гравитационного поля на низкочастотную, среднечастотную и высокочастотную составляющие позволило установить площади преимущественно метаморфогенного и гранитизированного фундамента ВТС, выделить блоки разного состава пород внутри ВТС, ранжировать разрывные нарушения по глубине и значимости. Главной глубинной магмо- и рудоконтролирующей структурой мантийного заложения региона является Джугджуро-Охотская система (см. рис. 3, Г) между

изолиниями -20 и -30 мГал. Это граница разноградиентного поля и, соответственно, литосферы разного состава. Система, вероятно, продуцировала меловое магмообразование. Поскольку в нижней коре контролирует три структуры гранитизации, к ней приурочено около половины рудных объектов (см. рис. 3, В). Нётский разлом – важнейшая граница для нижней и средней коры, вдоль него территория делится по составу на преимущественно метаморфогенную в северной части и преимущественно гранитоидную в южной. Северная часть сложена тремя крупными метаморфическими блоками (1, 2, 3) и одним гранитизированным (4). Южная (5) – представляет собой практически полностью гранитизированную кору Джугджуро-Становой магматической системы, граничащую слева и справа с осадочно-метаморфогенными образованиями Верхояно-Колымского и Монголо-Охотского складчатых поясов. Каркас разрывных нарушений данного глубинного уровня образуют северо-восточные и северо-западные нарушения. Наиболее мощные из них Юдомо-Ульинская и Улья-Кетандинская системы разломов. Первая система – транзитная, распространена на запад в пределы Южно-Верхоянской системы нарушений и на восток в пределы Охотского моря, является магмопродуцирующей и рудоконтролирующей; вторая – блокоразделяющая и рудоконтролирующая. Аналогичные функции у Билякчанского, Ядринского и Монголо-Охотского разломов.

Характер плотностных неоднородностей верхнекорового уровня (см. рис. 3, Б) более сложный. На этом уровне не просматривается указанная выше блокировка и почти не отделяется северный блок от южного. На фоне гранитизированного фундамента (см. рис. 3, В) развиваются локальные структуры повышенной плотности, что, вероятно, обусловлено формированием субвулканических построек основного состава. Значительно усложняется картина разрывных структур. Более чётко проявляется ортогональная система нарушений, особенно меридиональная, диагональная – претерпевает существенные изменения. При этом усиливается роль как блокоразделяющих и рудоконтролирующих Таклаканского и Монголо-Охотского разломов (четыре месторождения контролируются Таклаканским и одно Монголо-Охотским). Наряду с линейными нарушениями, здесь выделяются две кольцевые структуры мозаичного строения – северная и южная, которые проявлены и

в магнитном поле. Южная имеет более глубокий эрозионный срез, так как характеризуется более высоким уровнем разуплотнения и большей площадью выходов гранитоидов на поверхность. В целом наблюдается достаточно значимая связь объектов золото-серебряной минерализации с локальными положительными аномалиями гравитационного поля, обусловленными субвулканическими образованиями средне-основного состава. Золотая и золото-кварцевая минерализация связана с минимумами гравитационного поля, обусловленными интрузивными образованиями гранитоидного состава.

Полученные материалы демонстрируют значительную роль разноглубинных разрывных структур в формировании золоторудной минерализации. Это подтверждает и геологическое картирование м-ба 1:200 000. На картах видно, что большинство рудных объектов буквально «сидят» на разломах, но из-за очень густой сети разрывных нарушений их систематизация, касающаяся рудоконтроля, затруднена (см. рис. 1, б). В качестве основных рудоконтролирующих систем по магнитному полю выделяются: среднекоровые – Хоторчанская, Котлинская (меридиональные), Юдомо-Ульинская (северо-западная), Иникан-Юдманская (субширотная), Монголо-Охотская (северо-восточная); верхнекоровые – Тоттинская (субширотная), Юрьевская, Тукчинская (северо-западные), Улканская (северо-восточная); приповерхностная – Матинская (север-северо-западная). Главная рудоконтролирующая роль по гравитационному полю принадлежит Джугджуро-Охотской системе мантийного заложения, вдоль которой сосредоточены до 30% золоторудных проявлений золото-серебряной формации и три месторождения золото-кварцевой – Гырбыканское, Хоторчанское, Светлое. Максимальное число рудных объектов северной области размещается в пределах треугольника, образованного Юдомо-Ульинской, Улья-Кетандинской и Ядринской системами разломов, которые являются одновременно глубинными границами интрузивно-купольной структуры гранитоидного состава (см. рис. 3, В). Южная область по линии среднекорового Тукчинского разлома (см. рис. 3) делится на два района: северный с распространением вулканитов и преимущественно золото-серебряным оруденением и южный с преимущественно золото-кварцевым.

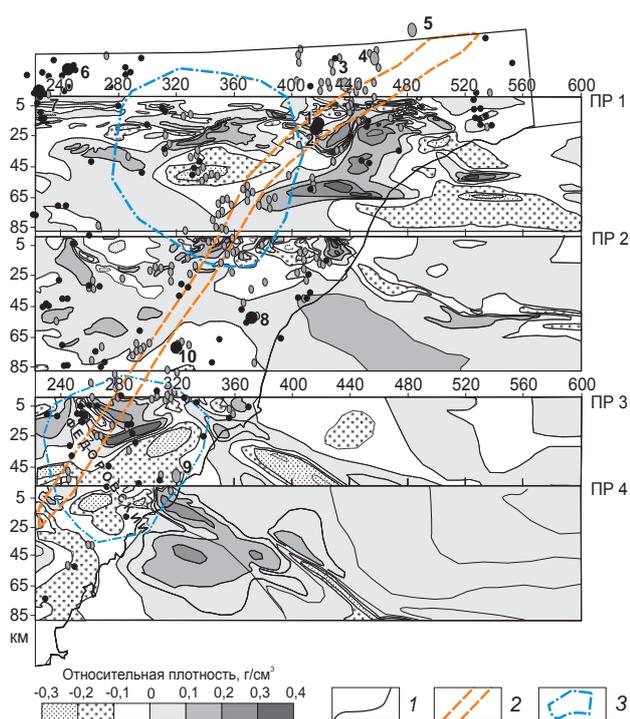


Рис. 4. ПОЛОЖЕНИЕ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ГЛУБИННОЙ ПЛОТНОСТНОЙ МОДЕЛИ:

1 – береговая линия; 2 – Джугджуро-Охотская система разломов; 3 – интрузивно-купольные структуры; остальные усл. обозн. см. рис. 1

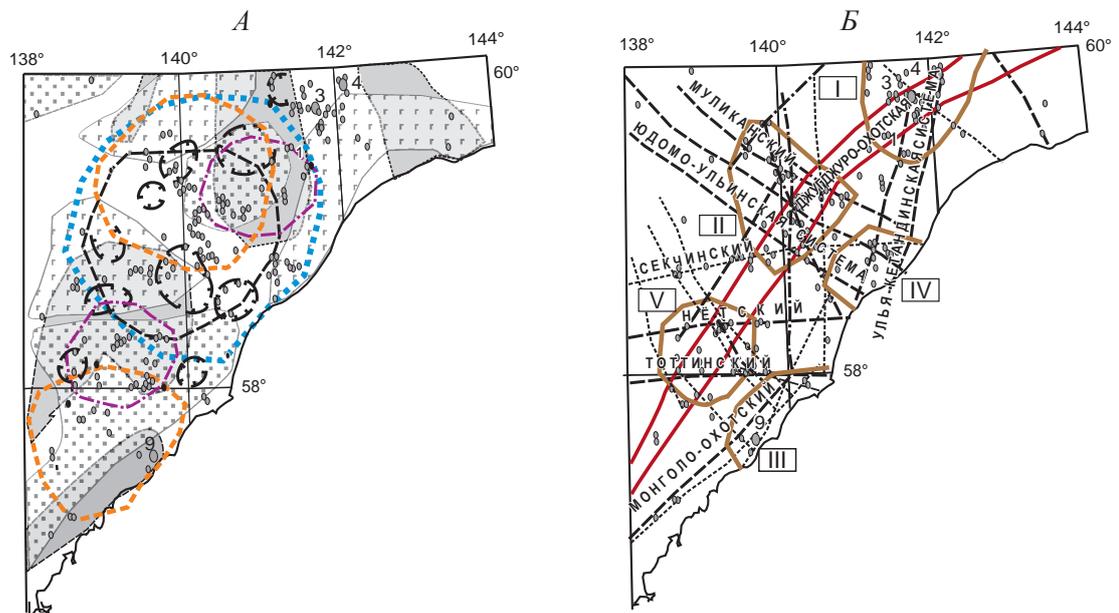
Распределение плотностных неоднородностей в объёме приведено на плотностной модели территории (рис. 4). Вдоль береговой линии происходит воздымание более плотных охотоморских неоднородностей под континентальные, что свидетельствует о коллизионном характере их взаимоотношений. От линии «стыка» до Джугджуро-Охотской мантийной системы нарушений сформировалась область гранитизированной литосферы, с юга вплоть до Юдомо-Ульинской поперечной северо-западной системы. Далее на запад от Джугджуро-Охотской системы образуется более плотная литосфера. Несколько выбивается из общей картины профиль 1 (ПР 1): в пределах континента гранитизированная литосфера развита уже повсеместно, но здесь она осложнена более плотными локальными структурами. На рисунке видно, что золото-серебряное оруденение концентрируется вокруг мантийных нарушений Джугджуро-Охотской системы, в то время как золото-кварцевое рассредоточено по площади. Это свидетельствует о том, что золото-серебряное оруденение

приурочено к вулканитам, особенно субвулканическим образованиям повышенной плотности, а золото-кварцевое имеет, вероятно, полигенный характер.

Связь золотого оруденения и выделенных петрофизических, геолого-геофизических неоднородностей и рудоконтролирующих разломов прослеживается на рис. 5. Золото-серебряное оруденение размещается в области развития вулканогенных образований среднего состава, тяготеющих к блокам гранитизированного фундамента. Подавляющая часть районов повышенной компактности рудных объектов приурочена к области региональных аномалий магнитного поля (см. рис. 2, Г). Аномалии дискордантны к блокам фундамента разного состава депрессионной структуры, что говорит о наложенном характере образований их составляющих. Вероятная вещественная природа таких аномалий – наиболее древние вулканиты основного состава и их глубинные магматические очаги, которые могли продуцировать в том числе и рудное вещество. Главная область распространения золото-серебряного оруденения оконтуривается кольцевой структурой корового уровня, выделенной по трансформациям магнитного поля в наиболее опущенной части Ульинской вулканической структуры в составе кольцевой морфоструктуры поверхности (см. рис. 1, б). Согласно построенной плотностной модели, на глубине ей соответствует мантийно-коровая структура синклинального типа пониженной плотности (см. рис. 4). В то же время, в перекрывающих вулканитах отмечаются высокоплотные образования, предположительно субвулканические постройки, к которым непосредственно тяготеет рудная минерализация. Группы рудных объектов к северо-востоку и юго-западу от Ульинской ВКС размещаются в блоках коры повышенной плотности, на севере – с антиклинальным типом структуры, на юге – с синклинальным.

Глубинной особенностью контроля рудных объектов золото-серебряной формации является их приуроченность к высокомагнитным и высокоплотным образованиям коры. На юге это близповерхностные вулканогенные образования на гранитоидном фундаменте, на севере – глубинная высокоплотная структура мантийного заложения (см. рис. 4, ПР 1) – мантийный диапир, в сфере влияния которого находится большое количество месторождений. На мантийном уровне (см. рис. 5, б)

ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ



ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

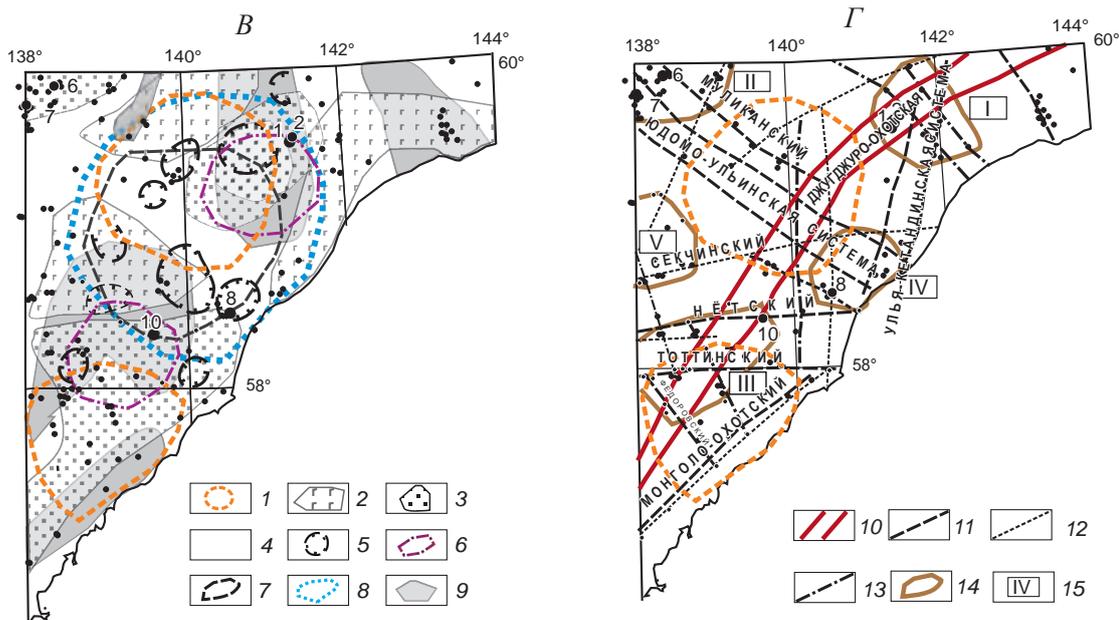


Рис. 5. ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЕ, ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ: А, В – ПОЛОЖЕНИЕ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ, Б, Г – ГЛАВНЫЕ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ РАЗРЫВНЫЕ СИСТЕМЫ:

1 – положение интрузивно-купольных структур, выделенных по гравитационному полю; состав верхней коры: 2 – не затронут гранитизацией, 3 – сильно гранитизированный, 4 – умеренно гранитизированный; 5 – вулканоплутонические структуры; 6 – локальные положительные аномалии магнитного поля на поверхности (вулканиты основного состава); 7 – среднекоревая зонально-кольцевая структура, выделенная в магнитном поле; 8 – кольцевая структура, выделяемая в рельефе поверхности; 9 – положительные региональные магнитные аномалии (предположительно глубинные среднекоревые очаговые структуры); 10 – главная мантийная разломная система; разломные системы: 11 – коро-мантийного, 12 – среднекорового, 13 – верхнекорового уровней; 14 – перспективные участки золотого оруденения; 15 – номера перспективных участков (в порядке уменьшения перспективности)

объекты золото-серебряной формации приурочены к районам пересечения мантийной Джугджуро-Охотской системы разломов с секущими в основном коровыми северо-западными разломами, а в северной части ещё и с меридиональной системой разломов. С учётом указанных особенностей размещения рудных объектов нами выделены перспективные на золото-серебряное оруденение площади.

Особенность размещения золотого и золото-кварцевого оруденения несколько отличается от золото-серебряного. Объекты этой формации в основном находятся в блоках гранитизированной коры северной части площади. Они контролируются отдельными разломами или узлами пересечения, которые расположены по периметру интрузивно-купольной структуры. Хоторчанское, Гербыканское, Колюклинское месторождения, а возможно, и Светлое приурочены к субвулканическим постройкам на гранитоидном основании (см. рис. 5, В), выражены локальными положительными гравитационными аномалиями в пределах регионального гравитационного минимума. Месторождения золото-кварцевой формации Аллах-Юнской тектонической области Огонёк и Лот чётко контролируются локальным гравитационным минимумом (т.е. предполагаемой скрытой гранитоидной интрузией). Магнитные аномалии здесь отсутствуют, поскольку месторождения размещаются в немагнитных осадочно-метаморфических комплексах пород. Аналогичную позицию занимают рудопроявления золото-кварцевой формации Охотско-Гусинского поднятия, размещающиеся в блоке метаморфических пород. В верхней части коры они контролируются локальным гравитационным минимумом, но в отличие от Аллах-Юнской области приурочены к области региональной глубокой магнитной аномалии. Это свидетельствует о связи локализации рудного процесса со становлением субвулканической интрузии преимущественно гранитоидного состава. Рудные объекты южной части площади размещаются непосредственно над кольцевой интрузивно-купольной структурой.

Большинство месторождений и рудопроявлений как на севере, так и на юге тяготеют к региональным и локальным магнитным аномалиям, которые обусловлены вулканическими и субвулканическими образованиями повышенной намагниченности, в том числе гранитоидного состава,

на что неоднократно указывали многие исследователи в пределах золоторудных месторождений [7–9, 15, 18, 19]. Для этого типа месторождений также важна разрывная тектоника, но она выражена менее чётко, поскольку меньше рудных объектов концентрируется вокруг Джугджуро-Становой орогенно-магматической системы. В целом рудные объекты находятся в областях повышенной плотности и узлах пересечения разнонаправленных разломов, а на юге и в отдельных разломах (широтных – Нётском и Тоттинском, северо-западных – Федоровском и Тукчинском, северо-восточных – Монголо-Охотском) (см. рис. 5, Б). Рудоперспективные площади данного типа оруденения связаны с узлами пересечения разнонаправленных разломов или отдельных разломов повышенной золотонности в пределах областей гранитоидного фундамента, иногда сопровождаются аномалиями повышенной намагниченности.

С учётом указанных особенностей локализации распределение перспективных участков на площади для рассматриваемых формаций существенно различается. Перспективные участки золото-серебряного оруденения вытянуты вдоль коровых разломных зон северо-западного и меридионального направлений на пересечении с Джугджуро-Охотской разрывной структурой мантийного заложения. Перспективные участки золото-кварцевого оруденения группируются вокруг структуры кольцевого типа в центральной части Ульинской впадины, имеющей гранитоидный фундамент (см. рис. 5, В).

Полученные материалы позволяют предположить следующий механизм формирования золотого оруденения региона. В результате мезозойских субдукционных процессов формируется прибрежная область гранитизированной коры (см. рис. 4). В пределах Джугджуро-Охотской магматической системы образуются две главные очаговые структуры, которые продуцируют в том числе и вулканогенные образования средне-кислого состава (см. рис. 3, 5). Дальнейшее их развитие происходит по разным сценариям. Эволюция северной части территории, контролируемой узлами пересечения региональных Джугджуро-Охотской и Юдомо-Ульинской систем нарушений, заканчивается обрушением вулканической постройки и образованием депрессионной структуры. Сопутствующее магматическому процессу образование раннемелового оруденения золото-кварцевой форма-

ции в центральной части впоследствии перекрывается толщей более молодых вулканитов. Рудные объекты данного типа сохраняются только в периферийных (приподнятых) частях депрессионной структуры.

Южная часть территории претерпевает устойчивое воздымание, при этом вулканогенные образования и сопровождающее их золото-кварцевое оруденение позднее были размыты в результате эрозии.

В поздне меловое – кайнозойское время в процессе коллизии Азиатской и Охотской плит начинается новый этап вулканизма, который сопровождается формированием золото-серебряного оруденения. Индикаторами этого процесса служат мантийные диапировые структуры.

Основные результаты. Созданные петрофизические карты могут использоваться не только для металлогенических целей, но и для геологического картирования, изучения структурных особенностей территории, служить основой геологической интерпретации геофизических данных.

Выделена сеть магмо- и рудопроизводящих мантийно-коровых разломов. Наиболее значимые системы нарушений: мантийная Джугджуро-Охотская, мантийно-коровые Юдомо-Ульинская, Улья-Кетандинская, Нётская, коровые (выявленные по гравитационному и магнитному полям) Тоттинская, Секчинская, Муликанская.

Составленные по разным геолого-геофизическим и петрофизическим материалам карты разрывной тектоники позволяют ранжировать разрывные структуры по глубине заложения.

Посредством трансформаций гравитационного поля в пределах Ульинской ВТС выделены две интрузивно-купольные структуры гранитоидного состава, в разной степени эродированные (меньше – северная и больше – южная), контролируемые ареалы золоторудной минерализации с высокой долей золото-кварцевых объектов.

На основании полученных материалов и выявленных особенностей размещения рудных объектов в интрузивно-купольных структурах определены перспективные на золотое оруденение площади, отдельно для золото-серебряной и для золотой и золото-кварцевой формаций. Номера участков проставлены в порядке предполагаемой для прогноза значимости.

В заключение отметим следующее.

1. Полученная в результате моделирования плотностная структура литосферы позволяет предположить локализацию субстрата областей генерации рудных концентраций. Так, золото-кварцевое оруденение больше связано с процессами гранитизации земной коры, а золото-серебряное – с подъёмом высокоплотных мантийных масс, часто магнитных (субвулканов и мантийных диапиров).

2. Главные факторы рудоконтроля для золото-серебряного и золото-кварцевого оруденения отличаются: для золото-серебряного это преимущественно разноуровневые разломы, для золото-кварцевого – наличие локальных гравитационных минимумов (гранитоидных интрузий) и региональных гравитационных минимумов (гранитизированного фундамента).

3. Подавляющее большинство золоторудных объектов находятся в области пород повышенной намагниченности (за исключением Аллах-Юнской зоны и Охотско-Гусинского поднятия), что подтверждает их связь с вулканизмом. Четыре региональные аномалии магнитного поля контролируют 60% рудопроявлений и четыре из десяти месторождений золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белый В.Ф.* Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканического пояса. – М.: Наука, 1977.
2. *Геодинамика*, магматизм и металлогения Востока России: в 2-х кн. / Под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006.
3. *Геологическая* карта СССР. Лист О-(53)54 – Охотск. М-б 1:100 000 (Нов. серия). Объясн. записка / Отв. ред. А.Л.Ставцев. – Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1986.
4. *Геологическая* карта Хабаровского края масштаба 1:1 000 000 / Ред. А.Ф.Васькин, Г.В.Роганов. – Хабаровск: Хабаровскгеология, 2004.
5. *Горюнов В.И.* Закономерности размещения и перспективы золото-серебряного оруденения Ульинского прогиба Охотско-Чукотского вулканогенного пояса / Изв. вузов. Геология и разведка. 2003. № 5. С. 38–41.
6. *Горячев Н.А.* Удско-Мургалская магматическая дуга: геология, магматизм, металлогения // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. Магадан, 2005. С. 17–38.
7. *Золотоносность* юга Дальнего Востока России и Северо-Восточного Китая / Н.П.Романовский, Ю.Ф.Ма-

- лышев, Дуан Жуйянь и др. // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25. № 3–17.
8. Иволга Е.Г. Особенности строения литосферы золоторудных районов юга Дальнего Востока России и Северо-Восточного Китая // Руды и металлы. 2013. № 1. С. 13–24.
 9. Иволга Е.Г., Гурович В.Г., Романовский Н.П., Манилов Ю.Ф. Петрофизические особенности тектонических структур Охотоморской зоны перехода континент – океан // Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35. № 5. С. 39–53.
 10. Майборода А.А. Золоторудный потенциал Охотского срединного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. Т. 12. № 3. С. 387–398.
 11. Манилов Ю.Ф. Особенности глубинного строения юго-восточной части Аргуно-Мамынского массива (по геофизическим данным) // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 6. С. 39–48.
 12. Металлогения Дальнего Востока России / В.И.Сухов, Ю.И.Бакулин, Н.П.Лощак и др. – Хабаровск: ДВИМС, 2000.
 13. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996.
 14. Никитин А.А., Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации: учебное пособие, 2-е изд. – М.: Центр информационных технологий в природопользовании, 2010.
 15. Романовский Н.П., Гурович В.Г., Иволга Е.Г. Япономорская зона перехода континент – океан: петромагнитная характеристика и золотоносность // Отечественная геология. 2014. № 1. С. 62–70.
 16. Стогний Г.А. Глубинное строение и рудоконтролирующие структуры Алдано-Становой и Верхояно-Черской золотоносных провинций: Автореф. дисс... д-ра геол.-минер. наук. – М., 2011.
 17. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов. Объясн. записка к Тектонической карте м-ба 1:1 500 000 / Л.П.Карсаков, Чжао Чуньцин, М.В.Горошко и др. – Владивосток, Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, Шэньян. ин-т геологии и минер. ресурсов, 2005.
 18. 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.
 19. Эйриш Л.В. О факторах генерации золоторудных систем Дальнего Востока // Геология рудных месторождений. 2009. Т. 51. № 3. С. 250–260.

DEEP-SEATED FEATURES OF ULYIN DEPRESSION'S GOLD MINERALIZATION LOCATION

E.G.Ivolga, Yu.F.Manilov, V.G.Gurovich (ITiG FEB RAS)

Qualitative and quantitative data interpretation of gravity and magnetic fields for Ulyin depression and its framing was performed using «KOSKAD-3D» software package. 3-D density model of the region's lithosphere was constructed, petrodensity and petromagnetic maps were compiled which permitted to obtain new information on petrophysical features and deep-seated structure of this territory. The studies made it possible to trace the relation of gold mineralization to offset structures and lithosphere nonuniformities of different level, pinpoint prospective areas for further forecasting-prospecting activities on their basis.

Keywords: lithosphere, Earth's crust, gravity field, volcanotectonic structure, fault, gold mineralization.