

**СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ
НИЖНЕАМУРСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНОГО ЗОЛОТА В ЕЕ ПРЕДЕЛАХ**

М.Ю. Носырев¹, А.Н. Диденко^{2,1}, Г.З. Гильманова¹

¹ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, 680000;
e-mail: ns041ck@yandex.ru

²ФГБУН Геологический институт РАН, Пыжевский пер. 7 г. Москва, 119017

Поступила в редакцию 18 ноября 2022 г.

Рассмотрены особенности глубинного строения земной коры и литосферной мантии центральной части Нижнеамурской минерагенической зоны и примыкающей с запада территории, включающей Албазинский золоторудный узел. На основе рассчитанных плотностной и магнитной глубинных моделей территории установлены зоны с резкой сменой плотностных и магнитных характеристик, связанные с процессами позднемелового-раннепалеогенового магматизма. Выделена кольцевая структура размером ~200 км в поперечнике. Она характеризуется разуплотнением литосферной мантии, плотностными и магнитными неоднородностями в земной коре, которые связаны с ее высокой насыщенностью интрузивными телами, особенностями их пространственного положения и состава. Проанализирована пространственная связь золоторудных районов, узлов и месторождений с плотностными и магнитными неоднородностями в земной коре и литосферой мантии, показаны основные закономерности в их положении. Как правило, они пространственно тяготеют к зонам корового разуплотнения и краевым областям глубинных (12–20 км) магнитных интрузий. На основании полученных выводов предложены новые перспективные площади для поисков месторождений золота; в частности, сделан вывод о недооценке перспектив золотоносности западной части кольцевой структуры южнее месторождения Албазино.

Ключевые слова: магнитная и плотностная глубинные модели, перспективные поисковые площади месторождений золота, кольцевая структура, Пильда-Лимурийский золоторудный район, Дальний Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

Нижнеамурская минерагеническая зона [4] расположена в пределах северной части Сихотэ-Алиньского орогенного пояса и протягивается на 550 км в северо-восточном направлении от оз. Болонь на юге до побережья Охотского моря на севере. Основным полезным ископаемым зоны является золото. Зона может быть разделена на 3 участка: северный, включающий крупное эпитермальное месторождение Многовершинное и серию рудопроявлений аналогичного генезиса; южный, в целом слабо изученный, но с высокими перспективами на медно-порфировое и золотое оруденение (15 лет назад здесь было открыто золото-медно-порфировое месторождение мирового класса – Малмыж); центральный, насыщенный коренными месторождениями, объединяемыми в Пильда-Лимурийский и Херпучинский золоторудные районы,

которые являлись историческим центром золотодобычи в регионе.

Месторождения центрального участка в основном не крупные и в большинстве случаев непромышленные. Однако открытие здесь в последние годы месторождения Чульбаткан с высоким промышленным потенциалом и успешная разведка месторождения Дяппе, а также близость Албазинского золоторудного узла с одноимённым крупным месторождением указывают на необходимость переоценки перспектив промышленной золотоносности этой территории. Одна из важнейших составляющих такого изучения – выявление пространственных закономерностей распределения минерализованных объектов в связи с физическими неоднородностями в земной коре и литосферной мантии, построение моделей глубинного строения, их геодинамическая и генетическая интерпретация.

Практически все месторождения зоны имеют отчетливую пространственную связь с позднемеловыми магматическими образованиями; для основной части месторождений в пределах золоторудных полей это, в основном, небольшие штоки и дайки интрузивных пород, для месторождения Чульбаткан – относительно крупная Чульбатская интрузия. Генетически эти месторождения также связываются с процессами позднемелового магматизма. Тесная связь золотого оруденения рассматриваемой площади с позднемеловым магматизмом показывает важность анализа геофизических материалов в аспекте изучения глубинной позиции магматических тел и признаков магматических процессов в земной коре и мантии. Для изучения глубинного строения на основе анализа гравитационного и аномального магнитного полей, построения глубинной прогностической модели нами были выбраны центральный участок Нижнеамурской минерагенической зоны и прилегающая к нему с запада территория, где расположено Албазинское месторождение золота (рис. 1).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЗОЛОТОНОСНОСТЬ

Рассматриваемая площадь располагается на границе нескольких террейнов, сложенных юрскими и меловыми осадочными образованиями, входящих в состав Сихотэ-Алиньского (Журавлевско-Амурский и Баджальский террейны) и Монголо-Охотского (Ульбанский террейн) орогенных поясов [26] (рис. 1). В палеогеодинамическом аспекте ее положение отвеча-

ет фрагменту позднемеловой континентальной окраины [3], процессы на которой в значительной степени определили особенности глубинного строения данной территории. Упрощенная геологическая карта площади, составленная нами на основе геологических карт масштаба 1:1 000 000 [6, 8, 10, 12], показана на рис. 1.

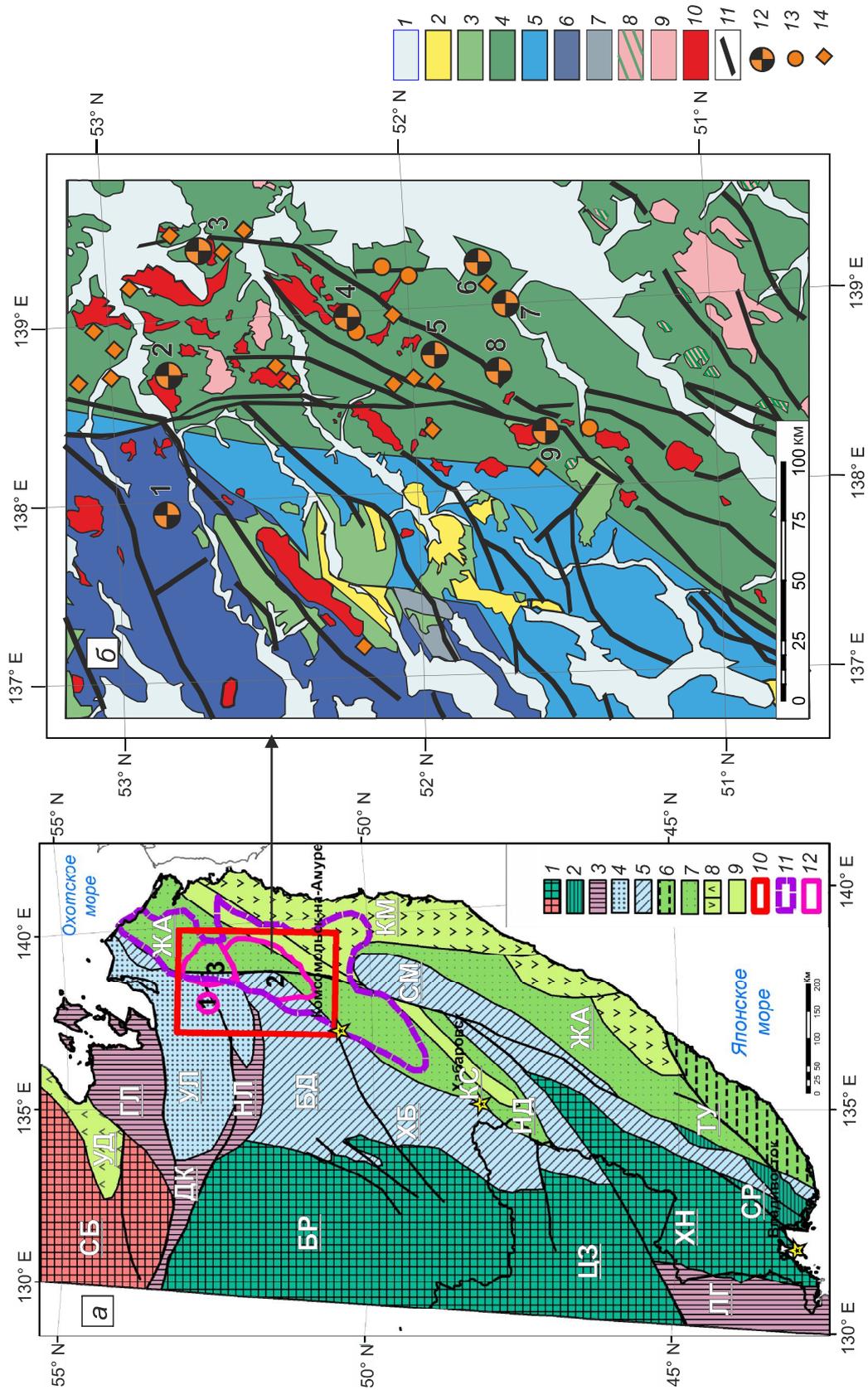
В пределах площади развиты преимущественно юрско-меловые осадочные и в меньшей степени вулканогенные образования. В ее восточной части в Журавлевско-Амурском террейне развиты турбидитовые отложения раннемелового возраста (горинская, пионерская, пиванская свиты), представленные в основном переслаиванием алевролитов и песчаников в разном соотношении. Небольшие площади заняты горнопротокской свитой очень изменчивого состава от песчаников до гравелитов. В юго-восточной части площади встречаются отложения силасинской свиты (алевролиты, песчаники, их туфовые разновидности).

Западная часть сложена юрскими осадками, относимыми к ульбинской, михалицинской, эльгонской, силинской и падалкинской свитам. Это в основном песчаники, алевролиты, редкие прослои кремнистых разновидностей, иногда базальтов. На западе наблюдается небольшой тектонический блок, где на поверхность выходят отложения позднего карбона (берендинская и крестовая свиты) и триаса. Также выделяются обширные поля вулканогенных пород, относимых к омельдинскому и малоомельдинскому комплексам и имеющих позднемеловой возраст. Первые представлены лавами и туфами андезитов, андезибазальтов, реже дацитов. Породы малоомельдинского

Рис. 1. Схема террейнов Сихотэ-Алиньского орогенного пояса и положение площади исследований (а), по [3, 26], и упрощенная геологическая карта площади исследований (б), по [6, 8, 10, 12].

На (а): 1 – докембрийские (СБ – Сибирский кратон (а)) и раннепалеозойские (б) БР – Буреинский, ЦЗ – Цзямусы, ХН – Ханкайский супертеррейны; 2 – фрагмент террейна раннепалеозойской континентальной окраины (СР – Сергеевский); 3 – террейны пермско-триасовых аккреционных призм (ДК – Джагды-Кербинский, НЛ – Ниланский, ГЛ – Галамский, ЛГ – Лаоелин-Гродековский); 4 – террейны юрских турбидитовых бассейнов (УЛ – Ульбанский и Унья-Бомский); 5 – террейны юрской аккреционной призмы (СМ – Самаркинский, НД – Наданьхада-Бикинский, ХБ – Хабаровский, БД – Баджальский); 6 – террейны готтерив-альбской аккреционной призмы (ТУ – Таухинский); 7 – раннемеловые турбидитовые бассейны (ЖА – Журавлевско-Амурский); 8 – террейны раннемеловой островной дуги (КМ – Кемский, УД – Удский); 9 – террейны раннемеловой аккреционной призмы (КС – Киселевско-Маноминский); 10 – контур площади исследований; 11 – граница Нижнеамурской минерагенической зоны, по [4]; 12 – границы минерагенических таксонов, по [4] (1 – Албазинский золоторудный узел, 2 – Пильдо-Лимурийский золоторудный район, 3 – Херпучинский золоторудный район).

На (б): 1 – четвертичные отложения нерасчлененные; 2 – базальты, андезибазальты неогеновые (аякитский вулканический комплекс); 3 – позднемеловые вулканогенные образования, андезиты, дациты (омельдинский вулканический комплекс), дациты, риолиты (малоомельдинский вулканический комплекс), их экстрезивные и субвулканические аналоги (в том числе отдельные вулканоструктуры: а – Эвурская, б – Харпийская, в – Верхне-Бокторская, г – Ольгокольская); 4 – верхнемеловые осадочные образования (горинская, пионерская, пиванская, горнопротокская свиты); 5 – верхнеюрские осадочные образования (падалинская, силинская свиты); 6 – нижне-среднеюрские осадочные образования (михалицинская, ульбинская, эльгонская свиты); 7 – верхнекарбонные осадочные образования (крестовая, берендинская свиты); 8 – позднемеловые субвулканические риолиты, трахириолиты; 9 – раннепалеогеновые граниты (бекчиулский интрузивный комплекс) 10 – позднемеловые интрузии: гранодиориты, диориты, граниты (нижнеамурский, эвурский интрузивные комплексы); 11 – основные разломы; 12 – месторождения коренного золота: 1 – Албазинское, 2 – Чульбаткан; 3 – Октябрьское, 4 – Покрово-Троицкое, 5 – Агни-Афанасьевское, 6 – Дяппе, 7 – Мартемьяновское, 8 – Учаминское, 9 – Делькен; 13 – рудопроявления коренного золота; 14 – точки минерализации золота.



комплекса в целом более кислые: дациты, риодациты, андезиты, их туфы. В составе обоих комплексов наблюдаются субвулканические интрузии. Эти образования объединяются в Эвурский вулcano-плутонический ареал. В его пределах выделяется несколько вулcano-тектонических структур, самая большая из которых – Эвурская, имеющая размер 40×60 км. Южнее известны еще несколько вулcanoгенных построек меньшего размера (Харпийская, Верхнебокторская, Ольгокольская). Формирование эвурского комплекса, распространенного в пределах одноименного вулcano-плутонического ареала, предполагается двухфазным или четырехфазным и относится к первой половине позднего мела [11, 19].

Самыми молодыми являются миоценовые базальты, андезибазальты, трахиандезибазальты, трахиандезиты аякитской толщи аякитского вулcanoгенного комплекса. В западной части площади они выполняют придолинные участки бассейнов рр. Эвур, Бичи, Харпичикан.

На изученной территории широко распространены интрузивные образования позднемелового возраста. Они объединяются в три интрузивных комплекса: нижнеамурский, эвурский, ульбанский [7, 9, 11, 13]. В восточной части площади преобладают интрузивные породы нижнеамурского комплекса, в западной части развиты породы эвурского и ульбанского комплексов. Магматические образования представлены как крупными массивами, так и сериями небольших изометричных тел и даек. Все три комплекса многофазные. В начальной фазе отмечаются габбродиориты и диориты, вторая, основная, фаза представлена почти полностью граднодиоритами, породы третьей, заключительной, фазы близки к гранитам. Последние образуют небольшие по площади интрузивы (до 5 км²) и немасштабные трещинные тела, обычно залегающие среди пород краевых зон крупных массивов второй фазы. Все интрузивные массивы характеризуются широкими ореолами приконтактовых изменений вмещающих пород, в первую очередь ороговикованием. В центральной части площади наблюдаются также два гранитоидных массива палеоценового возраста, относимых к бекчиулскому комплексу. По структурно-текстурным особенностям и внутренней зональности палеоценовых массивов предполагается небольшая глубина их становления [11].

В пределах площади известен ряд региональных разломов. Она делится примерно пополам крупным Лимурчанским разломом меридиональной ориентировки, восточнее его выделяется Вьюнский разлом такой же ориентировки. Также широко развиты разломы северо-восточной ориентировки [6, 8, 10, 12].

Основным полезным ископаемым площади является золото. Здесь известно много коренных месторождений этого металла разного масштаба и степени изученности. Наиболее крупное из них – Албазинское, разведанное в 2007–2008 гг. и сейчас разрабатываемое АО «Полиметалл». Оно располагается в пределах глубокого эродированной палеокальдеры [24]. Среди пород терригенного основания в вулcanoструктуре картируются многочисленные дайки и штоки интрузивных пород преимущественно умеренно-кислого состава. Интрузивные тела обычно невелики (до 4–5 км²), принадлежат к субвулканической фации, характеризуются лакколито- или лополитообразной формой. Рудные зоны локализуются в разломных структурах растяжения меридионального и северо-западного простирания. Наиболее значительные концентрации золота связаны с центральными частями ореолов березитизации, с линейными штокверками кварцевых и кварцкарбонатных прожилков с сульфидной минерализацией. Количество сульфидов в рудах – 2–6 %. Минерализация проявлена как в песчаниках, так и в дайках гранодиоритов. По данным [24], золотое оруденение может быть отнесено к золото-сульфидно-кварцевой формации, золото-малосульфидному минеральному типу. Месторождение сформировано в позднемеловое время и генетически связывается с заключительным этапом магматической активности. По мнению авторов вышеуказанной статьи, в центре кальдеры выделяется палеомагматический очаг (субвулканическое тело Брусничное), с которым непосредственно связано рудообразование. При этом породы всей кальдеры характеризуются повышенной нарушенностью и гидротермальной проработкой. В целом отмечается, что одним из факторов, способствовавших образованию крупного золотого месторождения, наряду со структурно-литологическими, является наличие специализированных на золото гранодиоритов нижнеамурского комплекса.

В последние годы в рассматриваемом районе открыто также крупное месторождение золота Чульбаткан, которое находится в северной части площади в долине р. Амгунь. Оно расположено в сдвиговой зоне на контакте Чульбатского массива плагиогранитов и ороговикованных песчаников и алевролитов горинской и пионерской свит и контролируется разломами восток-северо-восточного простирания, оперяющимися основной разлом северо-восточного простирания [1]. Месторождение представлено системой крутопадающих минерализованных зон. Основная их часть находится в интрузии, и лишь редкие маломощные тела на северо-восточном фланге локализованы в ороговикованных терригенных породах. Гидротермальные

изменения представлены березитами и наложенным на них более поздним окварцеванием. Также широко развита наиболее поздняя карбонатизация. Единственный полезный компонент в руде – золото. Месторождение может быть отнесено к убого-сульфидной кварц-золоторудной формации.

Несколько небольших месторождений золота располагаются в восточной части площади. Это – Агние-Афанасьевское, Покрово-Троицкое, Октябрьское, Дяппе, Мартемьяновское, Учаминское, Делькен. Также известно много рудопроявлений подобного типа (рис. 1). Эти месторождения достаточно детально рассмотрены во многих статьях и монографиях [21], поэтому не будем здесь повторяться. Все они, за исключением Учаминского, относятся к золото-кварцевой формации. Учаминское месторождение может рассматриваться как объект золоторудной сульфидной формации.

Отметим несколько важных, по нашему мнению, фактов, вытекающих из рассмотренных выше литературных материалов по геологии и золотоносности региона.

1. Известные месторождения золота локализованы как в раннемеловых, так и в юрских осадочных породах (Албазино, Делькен).

2. Для всех месторождений наблюдается отчетливая пространственная связь с позднемеловыми магматическими образованиями. В пределах золоторудных полей отмечаются в основном небольшие штоки и дайки интрузивных пород, а для месторождения Чульбаткан – относительно крупная Чульбатская интрузия. Генетически эти месторождения также связываются с процессами позднемелового магматизма.

3. Золотое оруденение локализуется как в осадочных породах, в том числе и ороговикованных (большая часть за исключением месторождения Чульбаткан), так и в магматических образованиях: дайках, штоках, более крупных интрузивных массивах.

4. Для всех месторождений в той или иной мере наблюдается структурный контроль минерализации, отмечается наличие рудоконтролирующих разломов различной ориентировки.

5. Хотя золотое оруденение в основном относится к золото-кварцевому или сульфидному золото-кварцевому типу при чрезвычайно малом содержании сульфидных минералов, отдельные объекты характеризуются большим количеством сульфидной минерализации (Учаминское месторождение и некоторые рудопроявления).

Тесная связь золотого оруденения рассматриваемой площади с позднемеловым магматизмом еще раз подчеркивает важность анализа геофизических

материалов для определения глубинной позиции интрузивных тел, признаков магматических процессов и флюидоносности в земной коре и мантии.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИХ ОБРАБОТКИ

При проведении работы были изучены гравитационное и магнитное аномальные поля территории, выполнено построение трехмерных плотностной и магнитной моделей площади. Исходными материалами послужили цифровые модели гравитационного и магнитного полей, полученные в рамках создания цифровой геофизической основы Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000. При этом в основу цифровой модели поля силы тяжести положены данные гравиметрической съемки масштаба 1:200 000, которой покрыта практически вся площадь исследований. Это позволило получить рабочий GRID с размером ячейки 1 км. В основу модели аномального магнитного поля положены результаты аэрогеофизических съемок 1:50 000–1:200 000 масштабов, что обеспечило размер ячейки рабочего ГРИДА 0.5 км.

Для построения трехмерных моделей плотностного и магнитного параметров выполнены соответствующие расчеты в программе КОСКАД-3Д [20, 23]. При этом использовался алгоритм «Статистическая оценка параметров аномалиеобразующих объектов», основанный на известном методе вариаций А.А. Андреева [2], дополнительно усовершенствованном авторами программного комплекса. Расчет плотностной модели выполнен по полю силы тяжести в редукции Буге до глубины 60 км. Расчет магнитной модели выполнен для магнитного поля, предварительно редуцированного к полюсу, до глубины 20 км, поскольку на изученной площади мощность магнитоактивного слоя составляет в среднем 20 км [14]. В результате получены трехмерные модели распределения эффективных плотности и намагниченности в условных единицах по сети 1×1×1 км для плотностной и 500×500×500 м для магнитной моделей. Для характеристики более глубоких горизонтов литосферы использована плотностная модель, рассчитанная ранее авторами для всего Сихотэ-Алиньского орогенного пояса до глубины 130 км [15]

АНАЛИЗ ГЛУБИННЫХ МОДЕЛЕЙ, ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Магнитная модель

Аномальное магнитное поле площади исследований и горизонтальные срезы по нескольким глубинным уровням магнитной модели показаны на рис. 2. Как в исходном магнитном поле, так и по данным

глубинного моделирования на рассматриваемой площади выделяется кольцевая структура (КС), хорошо проявленная практически на всю мощность магнитоактивного слоя. Она охватывает серию магнитных тел, локализованных на разных глубинах, которые чередуются с зонами немагнитных пород. Размеры КС по внешнему контуру составляют $\sim 150 \times 190$ км, большая ось имеет близмеридиональное направление. Сама КС, в свою очередь, также характеризуется зональным строением. Выделяется центральная ядерная часть, размером $\sim 80 \times 90$ км, которая в сравнении с периферийной областью характеризуется значительным снижением в земной коре количества магнитных тел, особенно начиная с глубины 10 км (рис. 2).

Из анализа модели следует, что по глубине распределение магнитных тел достаточно определенно укладывается в три уровня. Самый нижний уровень (более 12 км) характеризуется наличием крупных магнитных тел с высокой эффективной намагниченностью, расположенных в периферийной части КС вне ее центральной части. Это в основном изометричные или слабо вытянутые тела с размером в поперечнике 10–25 км. В восточной части КС они совершенно отчетливо укладываются в дугообразный внешний сегмент, в западной части располагаются в виде субмеридиональной полосы (рис. 2, *з*), что связано с предполагаемым здесь глубинным разломом такой ориентировки. Данные магнитные тела интерпретируются как глубинные части магнитных интрузий.

Магнитные тела среднего уровня (4–8 км) характеризуются в общем меньшей эффективной намагниченностью и имеют меньшие размеры в сравнении с телами предыдущего уровня. Это вероятнее всего также отдельные интрузивные тела. Пространственно они сопряжены с магнитными телами нижнего уровня, но полного совпадения нет, часто они оказываются смещены в плане от корневых частей интрузий. Сквозные магнитные тела, прослеживающиеся непрерывно с поверхности и до глубин более 10 км, являются скорее исключением. Иногда на этом уровне вообще не оказывается магнитных тел, соответствующих нижнему уровню, при этом выше они вновь могут появиться. Такое прерывистое строение магматической колонны объясняется наличием в земной коре горизонтальных границ, где может меняться проницаемость разреза, что приводит к многоуровневости расположения магматических очагов в земной коре [16]. Еще одной характерной особенностью магнитных тел этого уровня является хорошо выраженная в ряде случаев линейность, что говорит об их расположении в зонах разломов.

Третий – приповерхностный – уровень магнитных тел охватывает в основном глубины до 1–1.5 км. Часть из них соответствует известным интрузивным массивам, другие находятся в непосредственной близости от них и могут быть проинтерпретированы как скрытые на глубине части интрузий. Но при этом есть и отдельные магнитные тела, которые никак не соотносятся с известными массивами и, видимо, фиксируют не выходящие на поверхность интрузии. Сложная система магнитных тел характерна для ареалов развития вулканогенных пород, где магнитные тела могут соответствовать как покровам базальтов и андезитов, так и отдельным экструзивным постройкам и субвулканическим интрузиями.

Основные магнитные тела этого уровня пространственно сопряжены с глубинными аномалиями эффективной намагниченности, но полного совпадения не наблюдается. Для более детального решения интерпретационных задач этот уровень глубин должен изучаться уже крупномасштабными магнитными съемками при проведении поисковых работ в пределах рудных полей.

Плотностная модель

Карты поля силы тяжести на изученную площадь и распределения плотности на различных глубинах показаны на рис. 3. Надо подчеркнуть, что особенности распределения плотности в земной коре и верхней мантии во многом пространственно соотносятся с выделенной по магнитному полю кольцевой структурой, подчеркивают и подтверждают ее. Это особенно отчетливо проявляется на двух глубинных уровнях: 8–20 км (средняя часть земной коры) и более 50 км (рис. 4). В пределах земной коры рассматриваемая кольцевая область характеризуется системой локальных понижений плотности по ее периферии и относительно более плотным блоком в центре, совпадающим с центральной частью, выделенной по данным магнитной модели. Форма этих локальных областей пониженной плотности изометричная или слабо вытянутая, размер в поперечнике 15–35 км. Локальные понижения плотности по периферии кольцевой структуры интерпретируются нами как области развития гранитоидных интрузий и общего разуплотнения, связанного с деструкцией и изменениями пород земной коры в магмопроницаемых зонах. Меньшая, по сравнению с данными магнитных съемок, детальность гравиметрических данных не позволяет с уверенностью разделить области пониженной плотности по глубинам, поэтому фиксируется единая магматическая колонна. Также надо отметить, что эти области разуплотнения развиты как в восточной, так и в западной частях структуры. С зонами пониженной

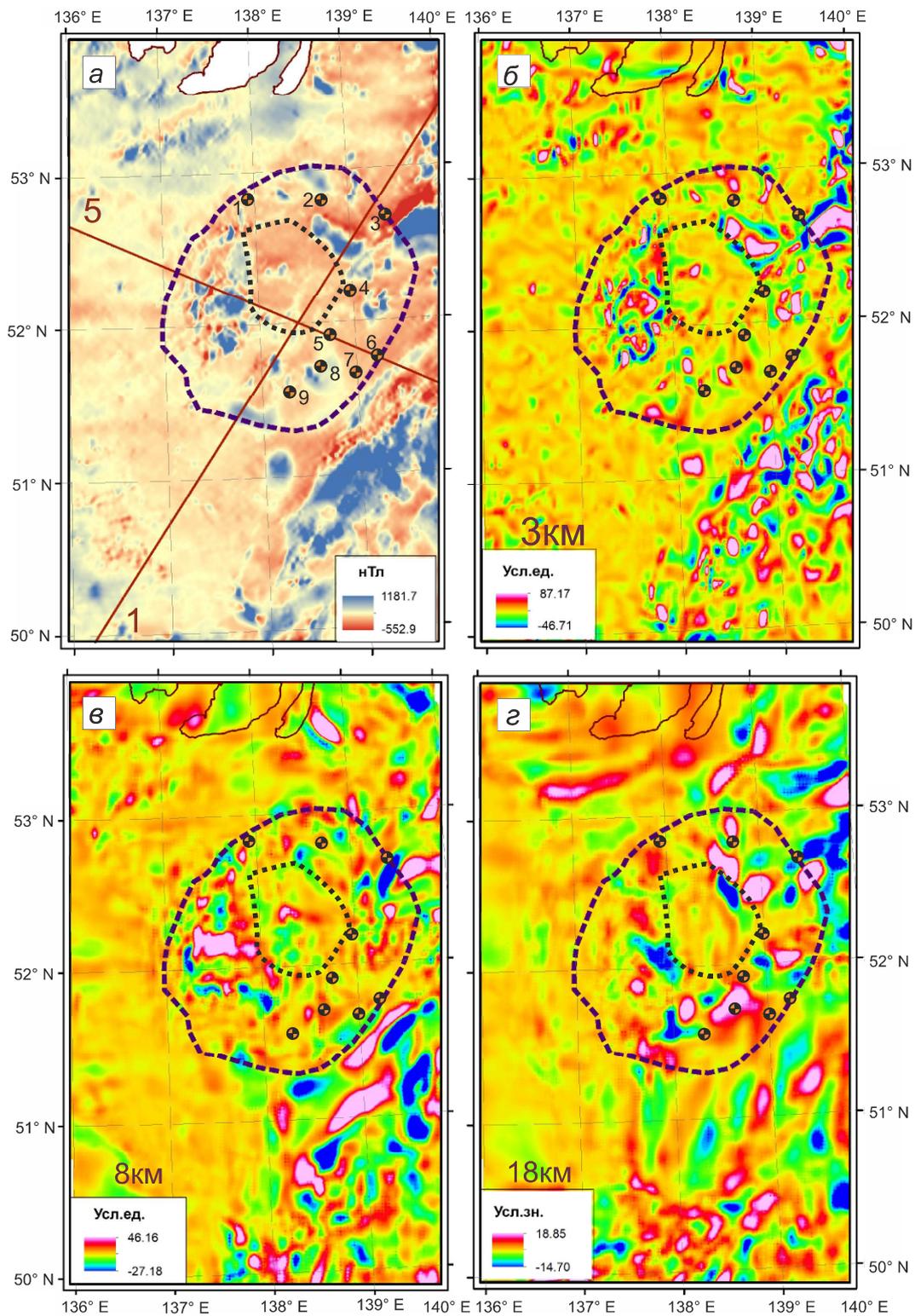


Рис. 2. Магнитная глубинная модель центральной части Нижнеамурской минерагенической зоны.

a – карта аномального магнитного поля; *б-г* – карты эффективной намагниченности на глубинах 3, 8 и 18 км, соответственно. Проекция Гаусса-Крюгера, центральный меридиан 135°. Штриховыми линиями фиолетового и черного цветов показаны границы кольцевой структуры и ее центральной части (описание в тексте). Красными прямыми линиями 1 и 5 на «*a*» указано положение расчетных профилей эффективной намагниченности, демонстрирующихся на рис. 4. Месторождения коренного золота: 1 – Албазинское, 2 – Чульбаткан; 3 – Октябрьское, 4 – Покрово-Троицкое, 5 – Агни-Афанасьевское, 6 – Дяппе, 7 – Мартемьяновское, 8 – Учаминское, 9 – Делькен.

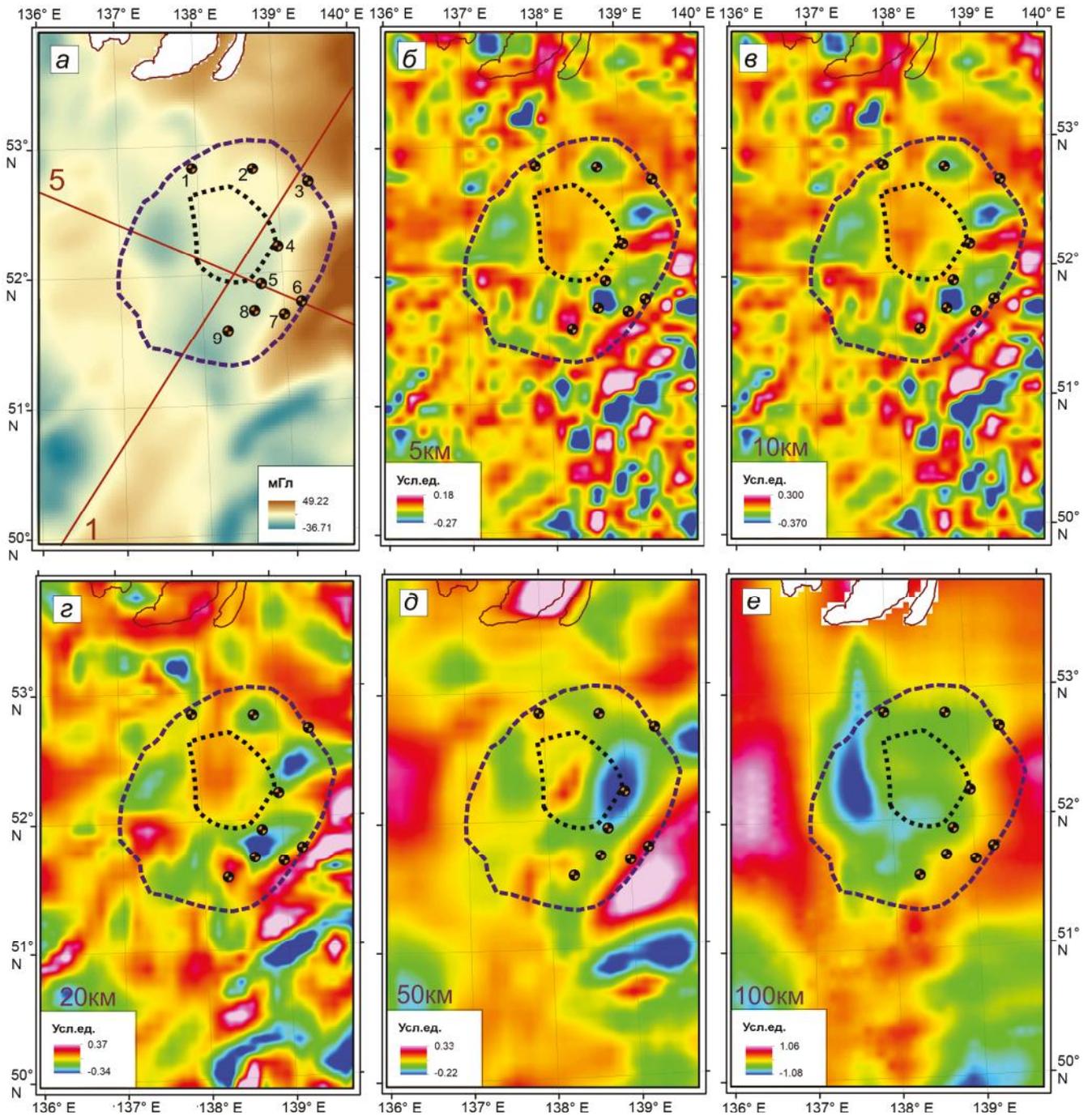


Рис. 3. Плотностная глубинная модель центральной части Нижнеамурской минерагенической зоны.

a – карта поля силы тяжести в редукции Буге; *б–е* – карты эффективной плотности на глубинах 5, 10, 20, 50 и 100 км, соответственно. Проекция Гаусса-Крюгера, центральный меридиан 135°. Штриховыми линиями фиолетового и черного цветов показаны границы кольцевой структуры и ее центральной части (описание в тексте). Красными линиями 1 и 5 на «а» указано положение расчетных профилей эффективной плотности, демонстрирующихся на рис. 4. Месторождения коренного золота: 1 – Албазинское, 2 – Чульбаткан; 3 – Октябрьское, 4 – Покрово-Троицкое, 5 – Агни-Афанасьевское, 6 – Дяппе, 7 – Мартемьяновское, 8 – Учаминское, 9 – Делькен.

плотности на глубинах 10–20 км пространственно сопряжены магнитные тела этого уровня, однако полного совпадения нет, магнитные тела чаще занимают краевые части областей разуплотнения. Все это говорит о том, что в общем объеме многофазных интрузий гранодиориты и граниты занимают существенно большую часть, определяя наличие отрицательных аномалий поля силы тяжести и областей пониженной плотности в земной коре. Также не исключено, что на глубине имеются крупные гранитные массивы, не выходящие на поверхность. Только в одном случае часть зоны аномально высокой эффективной намагниченности на глубине 14–20 км пространственно совмещается с центром области разуплотнения. Это наблюдается в районе Учаминского месторождения золота, но даже в этом случае западная половина аномалии эффективной намагниченности располагается в краевой части зоны пониженной плотности.

Помимо центрального блока относительно повышенной плотности, по гравиметрическим данным выделяется также область аномально высокой плотности в пределах внешней зоны в юго-западной части. Это повышение связано с выступом плотных пород триасовой аккреционной призмы, где в составе образований раннего карбона выделяется большое количество базальтов (до 500 м мощности в берендинской свите) [11].

С глубины 40–50 км и до изученной глубины 130 км под кольцевой структурой наблюдается хорошо выраженная область пониженной плотности, имеющая общую тенденцию падения на запад (рис. 3, *д*, *е*). Учитывая, что мощность литосферы здесь составляет 120–130 км [5], выявленная область разуплотнения характеризует верхнюю мантию. Область пониженной плотности внутри мантии связана с ее метасоматическим преобразованием в процессе движения восходящих флюидов и расплавов в надсубдукционном мантийном клине, формированием разноглубинных магматических очагов. Подобные процессы и соответствующие им физические неоднородности достаточно хорошо изучены в современных зонах субдукции [17]. Также видно, как единая мантийная область разуплотнения на уровне земной коры распадается на ряд отдельных, более локальных зон, «струй», которые в той или иной мере продолжают в земную кору и определяют локальные области пониженной плотности в верхней части земной коры, области развития и концентрации магматических процессов на разных глубинных уровнях. Что касается центрального, относительно более плотного ядра, то очевидно эта область оказалась менее проницаемой для магматических расплавов и флюидов, что

определило их меньшее воздействие на земную кору, ее меньшее разуплотнение и малое количество магматических образований.

Зона мантийного разуплотнения склоняется на запад и юго-запад, и наиболее глубинная ее часть располагается под западной половиной кольцевой структуры (рис. 4). Это глубинное разуплотнение становится линейным, имеет меридиональную ориентировку и в северном направлении прослеживается за пределы рассматриваемого кольца. Данная полоса разуплотнения фиксирует, скорей всего, наиболее глубинную проницаемую область в мантии. Особенности рассмотренных плотностных неоднородностей также хорошо видны на разрезах (рис. 4).

Рассмотренные геофизические материалы дают основание выделить в пределах изученной площади определенную область кольцевой формы, характеризующуюся специфическими глубинными характеристиками. Далее будем называть ее Лимури-Амгуньской кольцевой структурой (ЛАКС) по рекам, протекающим на ее южном и северном флангах. Надо отметить, что выделенная структура охватывает как центральную часть Нижнеамурской минерагенической зоны, так и прилегающие с запада Албазинский золоторудный узел и территорию, обычно включаемую уже в состав Амурской минерагенической провинции [4].

На рис. 5 дана глубинная схема данной структуры, где отражены основные рассмотренные закономерности.

Отметим также, что ЛАКС и вообще вся Нижнеамурская металлогеническая зона занимают совершенно определенную позицию относительно границы Мохоровичича, располагаясь над областью сокращённой мощности земной коры, достаточно узкой и протяженной, над мантийным гребнем, который ограничен уступами, наиболее высокоамплитудным с запада (рис. 5). Положение границы Мохо взято нами по работе [25], где расчет ее глубин выполнен на основе спектрального анализа поля силы тяжести.

Геофизические материалы дают также информацию о линейных зонах разломов, важном факторе локализации золотого оруденения. Нами в данной работе дополнительно к крупным, известным по геологическим данным разломам показаны основные линейные элементы физических полей и границы изменения физических свойств в земной коре и литосферной мантии, которые могут интерпретироваться как разломы. Выделение их достаточно важно, так как они могут определять размещение золоторудной минерализации (рис. 5).

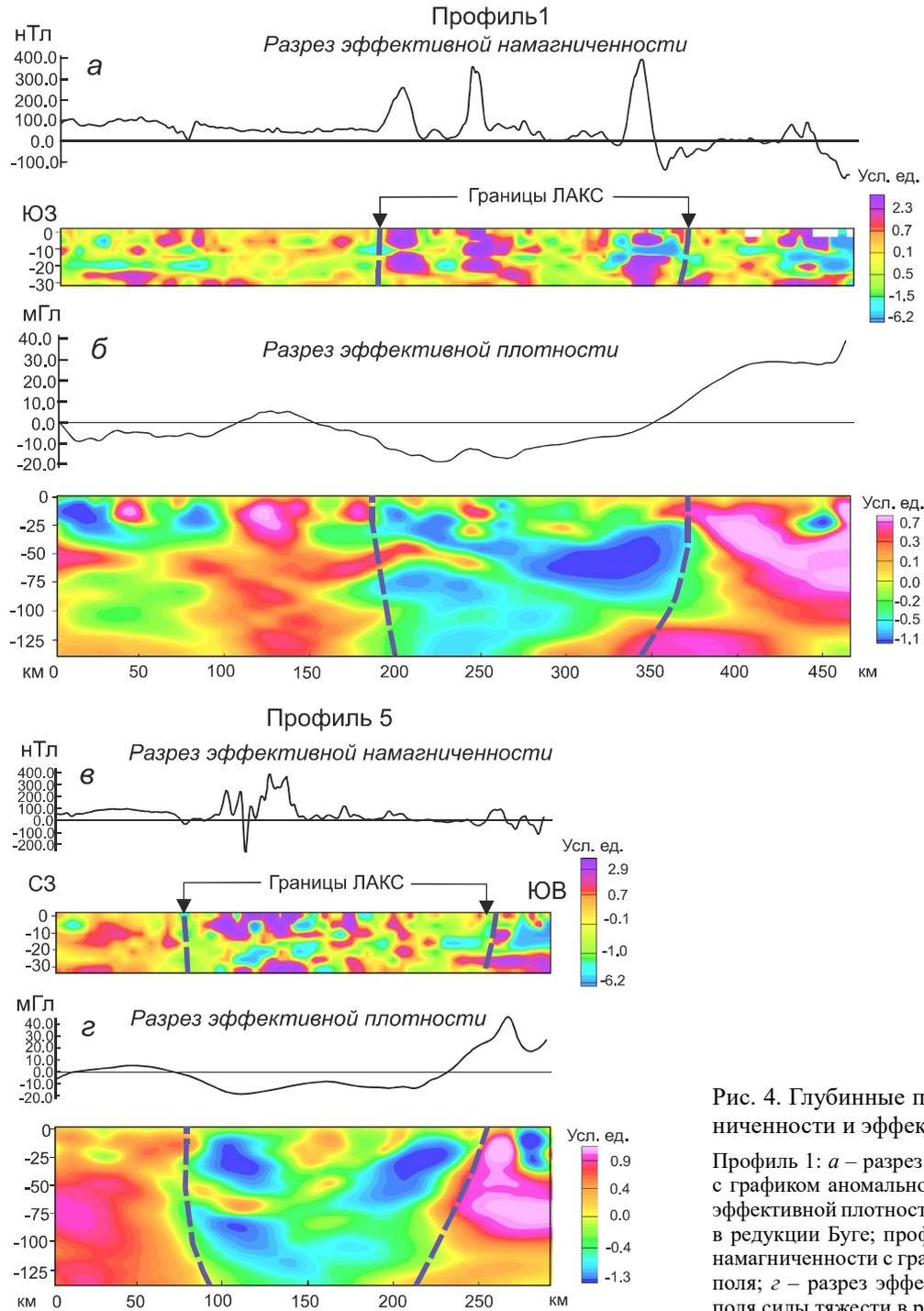


Рис. 4. Глубинные профили эффективной намагниченности и эффективной плотности.

Профиль 1: *а* – разрез эффективной намагниченности с графиком аномального магнитного поля; *б* – разрез эффективной плотности с графиком поля силы тяжести в редукции Буге; профиль 5: *в* – разрез эффективной намагниченности с графиком аномального магнитного поля; *г* – разрез эффективной плотности с графиком поля силы тяжести в редукции Буге

Наиболее важным из них нам представляется разлом меридиональной ориентировки, проходящий в западной части кольцевой структуры через месторождение Албазино (рис. 5). Предполагаем, что это может быть крупный разлом (зона разломов), параллельный Лимурчанскому и расположенный от него на расстоянии 40–50 км к западу. Данный разлом ограничивает развитие к востоку вулканогенных пород Эвур-

ского вулcano-плутонического ареала. Вдоль него на глубинах более 12 км развита серия магнитных тел – предполагаемых интрузий. Как уже указывалось ранее, на уровне мантии он ограничивает линейную область интенсивного разуплотнения. В земной коре также выделяется несколько зон разуплотнения меридиональной ориентировки, над которыми расположены отдельные вулcano-тектонические структуры.

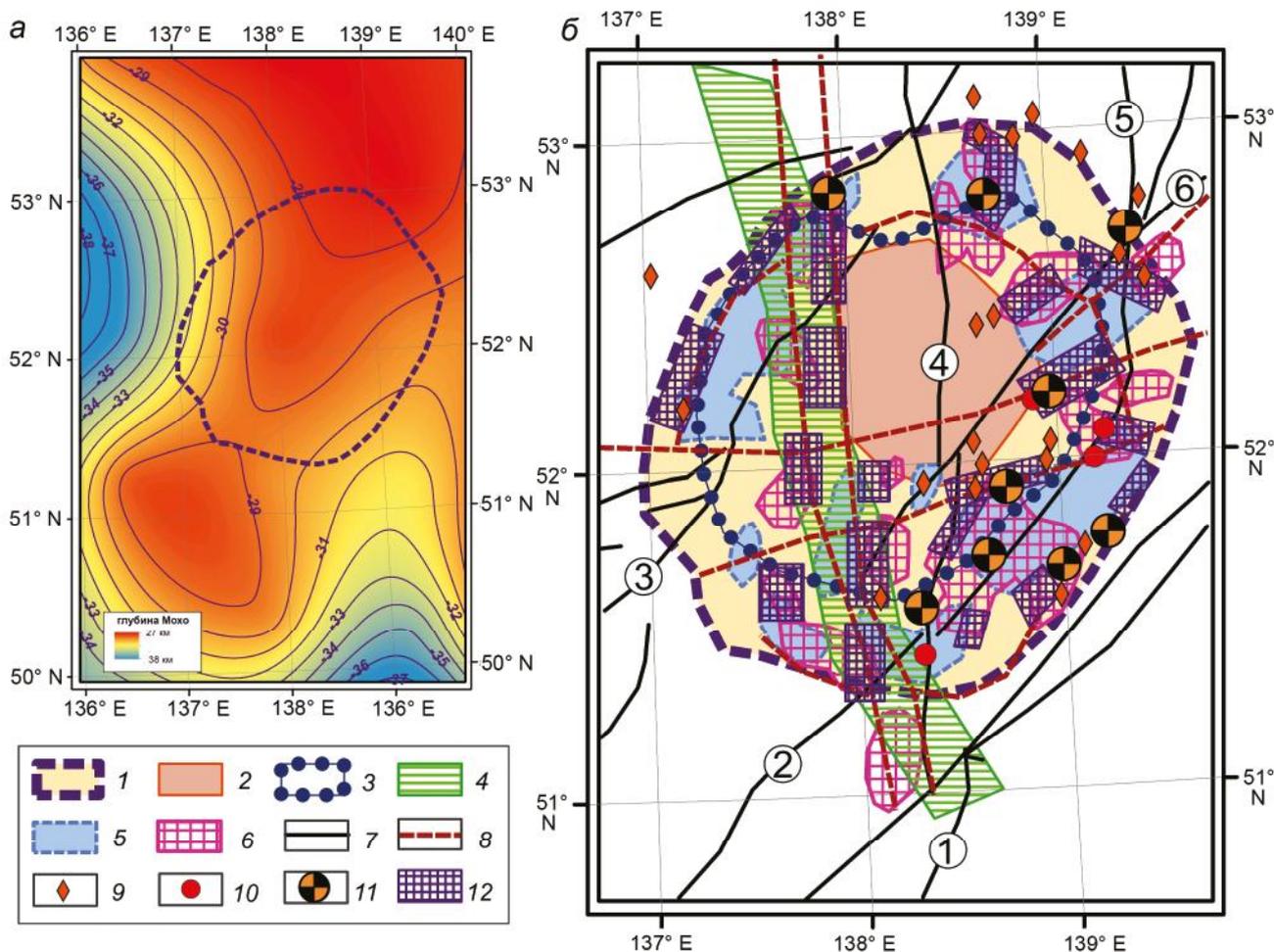


Рис. 5. Геолого-геофизическая глубинная модель Лимури-Амгуньской кольцевой структуры и перспективные площади для поиска золоторудных месторождений.

а – проекция контура Лимури-Амгуньской кольцевой структуры на поверхность Мохо [25]; *б* – схема глубинного строения Лимури-Амгуньской кольцевой структуры и перспективные площади для поиска золоторудных месторождений.

б: 1 – граница Лимури-Амгуньской кольцевой структуры и ее периферическая часть; 2 – внутреннее «ядро» Лимури-Амгуньской кольцевой структуры; 3 – контур области максимального разуплотнения в верхней части литосферной мантии (50–80 км); 4 – линейная зона разуплотнения в нижней части литосферной мантии (~120 км); 5 – участки пониженной плотности в верхней и средней частях земной коры (до 25 км); 6 – контуры магнитных тел на глубинах 14–20 км; 7 – основные разломы, по [18], в том числе: 1 – Центральный Сихотэ-Алинский, 2 – Бокторский, 3 – Дукинский, 4 – Лимурчанский, 5 – Вьюнский, 6 – Бичи-Амурский; 8 – разломы, выделенные по геофизическим данным (наст. работа); 9 – проявления золотой минерализации; 10 – рудопроявления золота; 11 – месторождения золота; 12 – контуры перспективных площадей для поисков месторождений золота.

Рассматриваемая КС имеет магματοгенную природу и геологически характеризуется относительно высокой (в сравнении с прилегающими территориями) концентрацией позднемеловых интрузий в ее пределах, а также наличием полей вулканогенных пород. Области пониженной плотности на глубине отражают интрузивные центры, области развития сложных многофазных интрузивных тел и проницаемых зон. Магнитные тела соответствуют отдельным магнитным интрузиям, но их полного совпадения с областями разуплотнения не наблюдается, что говорит об

ограниченном объеме магнитных фаз в общем объеме магматитов. Магнитные данные фиксируют в том числе отдельные неглубоко залегающие интрузии уровня 3–5 км, что весьма важно для оценки и прогноза золотоносности территории.

Таким образом, выделенная по геофизическим данным в центральной части Нижнеамурской минерагенической зоны Лимури-Амгуньская кольцевая структура и особенности ее глубинного строения обусловлены концентрацией здесь магматических процессов и преобразованием земной коры и верх-

ней мантии на тихоокеанской окраине Азии в поздне-меловое-палеоценовое время. Единным магматическим процессом были захвачены террейны, сложенные как меловыми, так и юрскими осадками. С этим же этапом связано и формирование месторождений золота.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ ЛАКС И ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

В пределах ЛАКС, как было показано выше, предполагается много золоторудных объектов, большая часть которых попадает в ее восточную часть. Западная часть, где развиты преимущественно юрские осадочные комплексы и верхнемеловые вулканогенные породы, с точки зрения золотоносности уступает восточной. Здесь находится только месторождение Албазино и несколько проявлений золота.

Металлогеническими таксонами, сопоставимыми с масштабом изучения рассматриваемых глубинных неоднородностей, являются золоторудные районы, узлы, поля, отдельные золоторудные месторождения. Наиболее глубокий уровень физических неоднородностей (литосферная мантия и нижняя часть земной коры) соответствует рудному району или нескольким сближенным районам. В нашем случае это Пильда-Лимурийский золоторудный район, занимающий почти половину кольцевой структуры, и расположенный в северной части Херпучинский район (рис. 1), много меньший по размерам и, в общем, составляющий с первым одно целое. С физическими неоднородностями верхней-средней части земной коры могут сопоставляться рудные узлы или их наиболее золотоносные части, а также собственно месторождения.

Для центральной части Нижнеамурской минерагенической зоны золотоносная территория, включающая два сближенных рудных района, пространственно соотносится с областью пониженной плотности в литосферной мантии (рис. 3). Это можно считать первым важным признаком золоторудного района. При этом надо отметить, что зона мантийного разуплотнения склоняется на запад и юго-запад, и наиболее глубинная ее часть располагается под восточной половиной КС. Это глубинное разуплотнение становится линейным, имеет меридиональную ориентировку и прослеживается за пределы ЛАКС в северном направлении на 70 км. Данная полоса разуплотнения фиксирует проницаемую область в мантии и зону глубинных разломов в земной коре. Над восточной границей этой области мантийного разуплотнения располагается Албазинский золоторудный узел. Еще раз подчеркнем, что эта область пониженной плотности в

мантии в равной степени захватывает как изучаемую часть Нижнеамурской минерагенической зоны, так и территорию к западу от нее, включаемую уже в Амурскую металлогеническую провинцию. Полученные данные свидетельствуют о единстве глубинной структуры всей этой площади, наиболее вероятном единстве магматических процессов и рудообразования. Это позволяет предполагать и единство минерагенической специализации ее восточной и западной частей, чему, собственно, является подтверждением наличие Албазинского золоторудного узла в северо-западной части ЛАКС. Это в свою очередь позволяет предположить недооценку золотого потенциала западной части выделенной кольцевой структуры.

В качестве второго признака рудного района может рассматриваться насыщенность его локальными областями пониженной плотности на глубинах до 20–25 км. Эти области фиксируют отдельные интрузии кислого состава и подводящие каналы (проницаемые зоны), где породы подвергнуты метасоматическим изменениям. Наличие таких магматических центров определяло развитие в их пределах и по периферии процессов рудообразования. Также надо отметить, что интрузии верхней части земной коры, находящиеся отражение в поле силы тяжести в пределах рудных районов, могут быть не обязательно гранитоидного состава, т.е. определять наличие понижений поля силы тяжести. В некоторых случаях это могут быть и более плотные породы на уровне диоритов, габбродиоритов, которым могут соответствовать положительные аномалии поля силы тяжести и, соответственно, области уплотнения [22].

В магнитном поле рассматриваемая область также не выражается какой-либо единой аномалией, но при этом совершенно отчетливо видно, что КС и золотоносные площади характеризуются аномально высокой насыщенностью магнитными телами, которые интерпретируются как интрузии, на разных уровнях земной коры.

Рудные узлы, поля и отдельные месторождения пространственно соотносятся уже с физическими неоднородностями верхней и средней частей земной коры.

Для анализа этих закономерностей разберем положение главных месторождений района относительно плотностных и магнитных неоднородностей земной коры. При этом, говоря о характеристике месторождения, мы рассматриваем, конечно, не точку, но определенную площадь, его окружающую, отвечающую наиболее рудоносной части золоторудного узла.

Албазинское месторождение. Расположено вблизи небольшого Верхне-Албазинского массива

гранодиоритов нижнеамурского комплекса [7]. По данным [24], находится в пределах сильно эродированной кальдеры. По анализу магнитной модели на глубинах до 1 км наблюдаются слабо магнитные тела, между которыми располагается месторождение. Начиная с глубины 1 км, становится отчётливо видно, что месторождение расположено в краевой части зоны узких магнитных тел меридиональной ориентировки, прослеживающейся на юг почти на 60 км (рис. 2, б). Эта ситуация с различными вариациями наблюдается до глубины около 8 км, затем магнитные тела исчезают и на глубине 12 км появляются вновь, но уже как несколько относительно крупных, изометричных магнитных тел, расположенных одно за другим в меридиональном направлении вдоль рассмотренного выше меридионального разлома. Размер этих тел примерно 20×30 км. При этом месторождение Албазино находится над северной границей одного из них. В рамках принятой интерпретации данные магнитные тела могут рассматриваться как глубинные части магнитных интрузий.

Месторождение располагается в краевой части зоны пониженной плотности в земной коре, которая имеет меридиональную ориентировку и протяженность около 100 км при ширине 15–45 км. Зона находится в западной внешней части КС под Эвурской вулканической постройкой. Над границей этой области разуплотнения в ее северной узкой части находится месторождение Албазино. На уровне мантии также выделяется зона интенсивного разуплотнения меридиональной ориентировки, в краевой части которой расположено месторождение.

Месторождение Чульбаткан. Чульбатский массив плагиогранитов, с которым пространственно ассоциирует месторождение, в магнитном поле не выделяется и не находит отражения в магнитной модели. Его низкая магнитная восприимчивость подчеркивается и в работе [1]. Но при этом видно, что к северу от месторождения на глубинах 2–6 км фиксируется крупное магнитное тело, над южной границей которого и располагается месторождение. Предполагаем, что это не выходящий на поверхность интрузивный массив. На глубине 6–10 км какие-либо аномалии эффективной намагниченности практически исчезают. Но начиная с глубины 12 км к северо-востоку от месторождения вновь появляется магнитное тело с высокой эффективной намагниченностью. С ним не совпадает ни один известный интрузивный массив, оно пространственно оказывается между Чульбатским и Дальжинским интрузивами и, возможно, является их корневой частью. Само месторождение оказывается над южной границей этого глубинного магнитного тела.

Месторождение Чульбаткан единственное, которое расположено в центре локальной зоны разуплотнения в верхней-средней части земной коры.

Покрово-Троицкое месторождение находится в контакте небольшого магнитного тела, входящего в общую цепочку таких же тел северо-восточной ориентировки протяженностью почти 70 км. Эти магнитные тела прослеживаются до глубины 4 км и затем исчезают. Уровень глубин 5–13 км с точки зрения эффективной намагниченности оказывается практически безаномальным, за исключением небольших тел меридиональной ориентировки с низкой эффективной намагниченностью. С глубины 15 км к юго-востоку от месторождения появляется большое магнитное тело размером 25 км в поперечнике (рис. 2, в). Оно прослеживается до глубины 20 км, и над его северо-восточной границей находится месторождение. В плотностной модели Покрово-Троицкое месторождение располагается в краевой приконтактной части области пониженной плотности, в целом изометричной, с размером 50 км в поперечнике. Плотностная граница, над которой расположено месторождение, протягивается дальше на восток, примерно на 100 км, выходя за пределы кольцевой структуры.

Месторождение Октябрьское. Это очень мелкое месторождение, но, тем не менее, разберем его в общем ряду. До глубины 2 км месторождение пространственно сопряжено с группой сближенных магнитных тел в целом, протягивающихся от месторождения на северо-восток на 30 км. Одно из них совпадает с Маловьюнским интрузивным массивом, в контакте которого и локализовано месторождение [11]. Далее с увеличением глубины картина генерализуется и на 8 км имеет место единое магнитное тело северо-восточной ориентировки, протягивающееся на 50 км при ширине 8–10 км. Месторождение расположено на его юго-восточном контакте. Далее до глубины 12 км магнитных тел в это районе нет, и только на глубине 16 км южнее месторождения выделяется небольшое магнитное тело.

Месторождение занимает совершенно определенную позицию в северной краевой части коровой зоны разуплотнения, к южной границе которой тяготеет Покрово-Троицкое рудное поле (рис. 3).

Агние-Афанасьевское месторождение. До глубины 1.5 км в районе месторождения наблюдаются мелкие магнитные тела северо-восточной ориентировки. На глубинах 2–8 км в районе месторождения выделяется несколько узких, шириной до 10 км магнитных тел меридиональной ориентировки протяженностью 50 км. Эта зона прослеживается далее на юг до месторождения Учаминское. Агние-Афанасьевское

месторождение расположено над северным окончанием зоны, между узкими магнитными телами в области с пониженной намагниченностью. Возможно, эти магнитные тела подчеркивают систему Лимурчанского разлома. На глубине 10–14 км аномалий эффективной намагниченности не наблюдается. Начиная с 15 км южнее месторождения появляется большое магнитное тело, имеющее в целом северо-восточную ориентировку (рис. 3, з, 5). Над северной границей этого тела расположено Агние-Афанасьевское месторождение и целая группа проявлений золота. Распределение магнитных тел здесь отчётливо подчёркивает 2 направления возможных разломов: меридиональное и северо-восточное.

Месторождение локализовано в северной краевой части области интенсивного разуплотнения земной коры общей северо-восточной ориентировки с размерами 40×80 км.

Учаминское месторождение. Оно расположено на той же системе меридиональных магнитных тел, что и Агние-Афанасьевское, южнее его на 25 км. Распределение намагниченности до глубины 15 км примерно схоже с Агние-Афанасьевским объектом. Начиная с глубины 15 км, под месторождением картируется крупное магнитное тело, рассмотренное выше. При этом Учаминское месторождение, в отличие от многих других, расположено прямо над его центром (рис. 5). В такой же ситуации расположена только группа проявлений Алочка, Случайное, Кварцевое, Валунистое.

В модели распределения плотности положение месторождения также несколько отлично от других объектов, оно локализовано почти над центром области интенсивного разуплотнения в земной коре.

Месторождения Дяппе и Мартемьяновское характеризуются сходной позицией с точки зрения распределения плотности и магнитного параметра. До глубин 2–3 км они сопряжены со слабомагнитным телом северо-восточной ориентировки. С 4 до 12 км магнитных тел в районе месторождений не отмечается. Начиная с 15 км к югу и западу от месторождений появляется магнитное тело, рассмотренное выше при характеристике Учаминского и Агние-Афанасьевского месторождений.

Относительно плотностных неоднородностей земной коры оба месторождения совершенно определено занимают позицию на юго-восточном контакте области разуплотнения, с которой связаны пространственно также месторождения Агние-Афанасьевское, Учаминское. Судя по резкой границе области разуплотнения, совпадающей с границей магнитного тела, здесь вероятен разлом северо-восточного направления.

Месторождение Делькен. Объект расположен вблизи южного контакта Лимурчанского гранодиоритового массива. Собственно этот массив отражается в магнитной модели как единое магнитное тело меридиональной ориентировки до глубины 8 км. На больших глубинах магнитных тел не фиксируется. И только на глубине 15–20 км восточнее месторождения фиксируется большое магнитное тело, рассмотренное выше при разборе месторождений Агние-Афанасьевского и Учаминского. Месторождение расположено в краевой части области разуплотнения земной коры меридиональной ориентировки, но эта область, в отличие от предыдущих, входит уже в систему тел пониженной плотности, протягивающуюся в меридиональном направлении от месторождения Албазино.

Анализ расположения отдельных групп рудопроявлений золота относительно плотностных и магнитных неоднородностей земной коры приводит примерно к таким же выводам, как и для месторождений.

Что касается области мантийного разуплотнения, то отметим, что все рассмотренные объекты занимают ее краевые северную, восточную, южную части.

Таким образом, обобщая рассмотренные особенности положения известных месторождений (наиболее продуктивных частей рудных узлов) по отношению к геолого-структурным и геофизическим характеристикам рассматриваемой площади, отметим следующие основные закономерности.

1. Отчетливое пространственное тяготение к краевым частям областей пониженной плотности в земной коре. Это означает преимущественную локализацию золотого оруденения в краевых частях крупных интрузивных систем, развитых на глубинах до 20–25 км в земной коре.

2. По соотношению золоторудных узлов и месторождений с магнитными телами выявляются следующие особенности:

а) золоторудные узлы пространственно занимают позицию в краевых частях магнитных тел нижнего уровня, расположенных глубже 12–14 км. Отчетливо видно, что золотые месторождения (за исключением Учаминского и ряда рудопроявлений) избегают центральных частей крупных магнитных тел на глубине. Поэтому с точки зрения локализации золотой минерализации краевые части интрузий этого уровня являются важным глубинным признаком;

б) уровень глубин от 8 до 12 км в пределах рудных узлов, как правило, не характеризуется какими-либо аномалиями эффективной намагниченности. Распределение этого параметра на данных глубинах

имеет близнулевой средний уровень и слабую дифференциацию;

в) отмечается пространственная близость месторождений с магнитными телами уровня 2–8 км. Часто они имеют линейную форму и укладываются в зоны меридиональной и северо-восточной ориентировки, определяя тем самым вероятные разломы, которые могут иметь рудоконтролирующее значение и, следовательно, весьма важны для прогнозирования золотой минерализации. Также наблюдаются на этом уровне и относительно крупные магнитные тела, к краевым частям которых тяготеют минерализованные области.

Месторождения в большинстве случаев ассоциируют с магнитными телами верхнего уровня (до 2 км). При этом надо отметить, что последние не всегда совпадают с выделенными по геологическим данным интрузивными массивами. Это может свидетельствовать как об изначальной низкой концентрации магнитных фаз в этих массивах, так и об уменьшении магнитных параметров в связи с влиянием наложенных гидротермальных изменений. При этом почти всегда рядом с такими геологически закартированными массивами существуют магнитные тела, которые можно интерпретировать как не вскрытые эрозией их части, что, вероятно, свидетельствует в пользу вторичных изменений магнитных свойств приповерхностных частей интрузий. Но все же полагаем, что детальность используемой магнитной съемки масштаба 1:50 000 и, тем более, 1:200 000 недостаточна для изучения самой верхней части земной коры, это необходимо делать уже по более детальным наземным магнитным съемкам.

Еще раз подчеркнем пространственное тяготение рудных узлов, полей, месторождений к краевым частям глубинных магнитных тел, интерпретируемых как интрузивные массивы. Это может быть важным поисковым признаком для выделения потенциальных золоторудных площадей. При этом, как указывалось выше, эти магнитные тела не совпадают с областями пониженной плотности в земной коре или совпадают частично.

Следующим фактором, с которым необходимо анализировать распределение золотой минерализации, являются возможные зоны разломов, выделенные по геофизическим параметрам. Они укладываются по направлениям в две группы.

Наибольший интерес представляют разломы первой группы – субмеридиональная зона, пересекающая кольцевую структуру. Как уже указывалось ранее, на уровне мантии этой зоне отвечает линейная область интенсивного разуплотнения. В земной коре также выделяется зона разуплотнения субмеридио-

нальной ориентировки, но меньшей протяженности, над которой расположена Эвурская вулканоструктура и еще ряд менее контрастных областей разуплотнения южнее. Вся зона этого разлома, особенно по периферии глубинных интрузий, является, на наш взгляд, перспективной для поисков месторождений золота. Они могут быть локализованы как в юрских осадках, так и в вулканогенных породах. Просто, возможно, глубины залегания минерализации в зоне этого разлома будут больше. Надо также отметить, что, по мнению авторов, вообще недооценена возможность выявления месторождений золота в «юрской» части кольцевой структуры западнее Лимурчанского разлома южнее месторождения Албазино. Мы полагаем, что вся западная часть ЛАКС, включая Албазинский золоторудный узел и рудные районы Нижнеамурской минерагенической зоны (Пильда-Лимурийский и Херпучинский) относятся к одной рудно-магматической системе, их золотоносность связана с едиными процессами магматизма и рудообразования.

Вторая группа линейных геофизических элементов имеет восточно-северо-восточное простирание. По направлению оно соответствует известным крупным зонам разломов, проходящим через площадь, но пространственно с ними не совпадает.

На представленной выше схеме глубинного строения ЛАКС (рис. 5) показаны возможные перспективные площади для развития поисковых работ. Они выделены на основании рассмотренных выше геофизических признаков и могут способствовать развитию поисковых работ на коренное золото в Нижнеамурской минерагенической зоне.

ВЫВОДЫ

1. В центральной части Нижнеамурской минерагенической зоны по геофизическим данным выделена Лимури-Амгуньская кольцевая структура, проявление и особенности которой обусловлены ее высокой насыщенностью магматическими телами различного состава, их взаиморасположением в верхней и средней частях земной коры и физическими неоднородностями в нижней коре и литосферной мантии. Физические неоднородности, присущие структуре, могут быть прослежены до границы астеносферы. Полагаем, образование этой структуры является результатом восходящих из надсубдукционного мантийного клина флюидов и генерируемых в верхней части литосферной мантии и нижней коре расплавов.

2. Генетически рассмотренная структура связана с процессами, происходившими на активной окраине Азии в позднемеловое-раннепалеогеновое время. Магматизм этого этапа связан, преимущественно, с субдукцией. Процессами магматизма захвачены как

выполненные юрскими и меловыми осадками террейны Сихотэ-Алиньского орогенного пояса, так и террейны Монголо-Охотского орогенного пояса, сложенные триасовыми и юрскими осадками.

3. Выделенная кольцевая структура насыщена золоторудными объектами и соответствует крупной рудно-магматической системе. Золотая минерализация здесь генетически связана с позднемеловой магматической активностью в условиях субдукции.

4. Выявленные особенности глубинного строения и распределения физических неоднородностей в земной коре дают важную информацию для выделения площадей, перспективных на поиски золоторудной минерализации. На основании этих данных в пределах Лимури-Амгуньской кольцевой структуры намечены участки, на которых целесообразно концентрировать тематические и поисковые работы на золото.

5. На современном этапе исследований центральной части Нижнеамурской металлогенической зоны: а) недооценена золотоносность западной части кольцевой структуры вдоль меридиональной зоны южнее месторождения Албазино; б) обоснована целесообразность концентрации поисковых работ по периферии глубинных магматических палеочагов; в) изучение верхней части разреза с точки зрения рудолокализации (разломная тектоника, проницаемые зоны, барьеры, зоны гидротермальных изменений) необходимо проводить с помощью детальной геофизики, наземной или с помощью малых летательных аппаратов.

Полагаем, что результаты настоящей работы приближают нас к пониманию и, соответственно, объяснению высокой золотоносности центральной части Нижнеамурской металлогенической зоны. Установленные особенности глубинного строения можно использовать при выделении новых перспективных площадей для постановки поисковых работ.

Авторы выражают признательность рецензентам статьи к.г.-м.н. Д.Л. Вьюнову и В.Е. Кузнецову за тщательный разбор рукописи и ряд ценных замечаний, способствовавших ее улучшению.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства Хабаровского края в области научных исследований в направлении естественных и технических наук в 2022 году (Соглашение №86С/2022 от 10 ноября 2022 г). Базовое финансирование – за счет субсидий на выполнение госзаданий ИТиГ ДВО РАН и ГИН РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.С., Старостин В.И. Новое месторождение золота в нижнем Приамурье – Чувьбаткан (Хабаровский край) // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. 2017. № 13. С. 33–38.
- Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1965. 496 с.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.; Кн. 2. 409 с.
- ГИС-Атлас Недр России. Дальневосточный федеральный округ. Хабаровский край. Карта минерагенического районирования. По состоянию на 01.09.2021 // <http://atlaspacket.vsegei.ru/#a12e28281b7771117>
- Горнов П.Ю., Гильманова Г.З. Тепловое поле и геотермические модели литосферы области перехода континент–океан Северо-Востока Евразии // Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 8. С. 1292–1303.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-53. Шантарские острова. Геологическая карта. Лист 1. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2007.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-53. Шантарские острова: Объясн. зап. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2007. 448 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист M-53. Хабаровск. Геологическая карта, Лист 1. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2009.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. (Третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист M-53. Хабаровск: Объясн. зап. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2009. 376 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-54. Николаевск-на-Амуре. Геологическая карта. Лист 1. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2016.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-54. Николаевск -на-Амуре: Объясн. зап. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2016. 477 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист M-54. Александров-Сахалинский. Геологическая карта дочетвертичных образований. Лист 1. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2017.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист M-54. Александров-Сахалинский: Объясн. зап. СПб.: Картфаб-ка ВСЕГЕИ, 2017. 609 с.
- Диденко А.Н., Носырев М.Ю., Шевченко Б.Ф., Гильманова Г.З. Тепловая структура Сихотэ-Алиня и прилегающих территорий по данным спектрального анализа аномального магнитного поля // Докл. АН. 2017. Т. 477, № 3. С. 352–356.
- Диденко А.Н., Носырев М.Ю. Плотностная структура литосферы Сихотэ-Алиньского орогенного пояса // Докл. АН. Науки о Земле. 2020. Т. 492, № 2. С. 66–71.
- Добрецов Н.Л., Кулаков И.Ю., Литасов К.Д., Кукарина Е.В. Значение геологии, экспериментальной петрологии и сейсмомографии для комплексной оценки субдукционных процессов // Геология и глубинный цикл углерода. Геология и геофизика, 2015. Т. 56, № 1–2. С. 21–55.
- Добрецов Н.Л., Симонов В.А., Кулаков И.Ю., Котля-

- ров А.В. Проблемы фильтрации флюидов и расплавов в зонах субдукции и общие вопросы теплофизического моделирования в геологии // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, С. 701–722.
18. Забродин В.Ю., Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Разломная тектоника материковой части Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 132 с.
19. Забродин В. Ю. Структура и эволюция Баджальского вулканоплутонического ареала (Дальний Восток) // Регион. геология и металлогения. 2018. № 75. С 9–59.
20. Комплекс спектрально-корреляционного анализа данных «КОСКАД 3Д». Версия 2018.1. Ч. 1. М.: МГРИ, 2018. 136 с.
21. Монсенко В. Г., Эйриш Л. В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
22. Носырев М.Ю. Геофизические характеристики малоглубинных интрузий в золоторудных узлах юга Дальнего Востока // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: XI Косыгинские чтения: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием, 15–18 сентября 2021 г., г. Хабаровск / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2021. С. 103–105.
23. Петров А.В., Юдин Д.Б., Сюэли Х. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3Д» // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2(16). С. 126–132.
24. Трушин С.И., Кириллов В.Е. Месторождение Албазино – новый для Дальнего Востока промышленный тип золоторуднения // Региону геология и металлогения. 2018. № 73. С. 60–66.
25. Didenko A.N., Nosyrev M.Y., Gil'manova G.Z. A Gravity-derived moho model for the Sikhote Alin Orogenic Belt // Pure Appl. Geophys. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02842->
26. Khanchuk A.I., Kemkin I.V. Jurassic geodynamic history of the Sikhote-Alin-Priamurye region / Late Jurassic margin of Laurasia: a record of faulting accommodating plate rotation / Ed. T.N. Anderson et. al. Boulder, Colorado: Geol. Soc. Amer. 2015. P. 509–525.

Рекомендована к печати В.Б. Каплуном

после доработки 28.12.2022 г.

принята к печати 23.01.2023 г.

M.Yu. Nosyrev, A.N. Didenko, G.Z. Gil'manova

Structure of the Earth's crust and lithospheric mantle in the central part of the Lower Amur mineragenic zone and patterns in hard rock gold distribution within the zone

In this study, we consider the features of the deep structure of the Earth's crust and the lithospheric mantle in the central part of the Lower Amur mineragenic zone and in the area that flanks on the zone from the west, including the Albazinsky gold ore cluster. Zones with a sharp change in density and magnetic properties associated with Late Cretaceous-Early Paleogene magmatism were established based on the calculated density and magnetic depth models of the territory. A ring structure ~200 km across was identified, which is characterized by the low-density lithospheric mantle and density and magnetic inhomogeneities in the Earth's crust associated with a wide development of intrusive bodies within it, as well as their attitude and composition. The spatial relation of gold ore districts, clusters and deposits to density and magnetic inhomogeneities in the crust and lithospheric mantle is analyzed and the main patterns in their occurrence are shown. As a rule, they are confined to the low-density zones in the crust and marginal areas of deep (12–20 km) magnetic intrusions. Based on the findings, new promising areas to prospect for gold deposits are proposed. In particular, it was concluded that the potential to host gold mineralization was underestimated for the western part of the ring structure south of the Albazino deposit.

Key words: magnetic and density depth models, Pilda-Limuri gold ore district, promising areas to prospect for gold deposits, ring structure, Far East Russia.