

**ПОЗИЦИЯ РУДНЫХ РАЙОНОВ В СТРУКТУРАХ ЛИТОСФЕРЫ ЮГА ДАЛЬНЕГО
ВОСТОКА РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ КИТАЯ
(ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ)***

Е.Г. Иволга

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

Поступила в редакцию 1 августа 2007 г.

Выполнена металлогеническая интерпретация карт глубинного строения региона (карта мощности литосферы, карта мощности литосферной мантии, карта мощности земной коры), построенных по результатам количественной интерпретации геофизических материалов, и карт гравитационного поля (наблюденного и трансформированного). На основе анализа пространственного размещения рудных районов относительно аномалий и элементов морфологии указанных карт, в качестве рудоконтролирующих признаков выделены: области сокращенной мощности литосферной мантии, интерпретируемые как области подъема астеносферы разной тектонической природы (мантийные диапиры, локальные плюмы, области деляминации субдукционно-коллизонных зон и т.д.); области региональных и локальных разуплотнений (области сиализации литосферы и очагового магматизма); разломы мантийного и корового заложения. Указанные элементы позволяют: а) определить тип рудогенерирующих и рудоконтролирующих структур рудных районов (коровые или мантийные) и тип транзита рудного вещества (свободной, затрудненной и весьма затрудненной связи с мантией), б) оценить потенциал известных рудных районов и выделить перспективные площади для выявления новых.

Ключевые слова: рудный район, рудно-магматическая система, глубинное строение, земная кора, мантия, литосфера, литосферная мантия, юг Дальнего Востока России, северо-восток Китая.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрение рудных районов с позиции рудно-магматических систем (РМС) [2, 21] предполагает изучение областей их генерации, транзита и локализации. Анализ использования геофизической информации для изучения РМС в регионе показывает, что подавляющая ее часть применяется для изучения областей локализации и транзита РМС из-за их меньшей глубинности и большей доступности для изучения [4–9]. История изучения областей генерации и транзита РМС началась с момента планомерного покрытия территории гравиметрической съемкой и пережила несколько этапов от эпизодического изучения отдельных районов [1, 7, 16, 20] до системного исследования глубинного строения всей территории. В лаборатории региональной геофизики ИТиГ построены карты мощности и плотности земной коры и литос-

феры, опирающиеся на систему региональных профилей сейсмогравитационного моделирования и МТЗ [10], и начаты исследования по их металлогенической интерпретации. Основные результаты последней изложены в [18, 22]. Для каждой выделенной рудоносной структуры приведены их глубинные особенности – наличие разноуровневых магнитовозмущающих тел, низкоомных неоднородностей, областей пониженной и повышенной плотности земной коры или мантии, области низких скоростей на поверхности мантии и т.д. [18]. Каждый золоторудный пояс, выделенный на основе карты экстенсивности золотого оруденения, охарактеризован по основным параметрам мощности и плотности земной коры и мантии [22]. По результатам выполненных исследований в качестве главных элементов пространственного контроля рудоносных структур, перспективных

*Публикуются в дискуссионном порядке.

на выявление крупных месторождений, отмечены: трансрегиональные глубинные разломы и краевые части области подъема астеносферы.

Настоящие исследования являются продолжением указанных работ по двум направлениям: пространственной детализации указанных рудоконтролирующих элементов и поиска новых характеристик областей генерации и транзита рудного вещества.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании анализа карт глубинного строения территории выявить особенности размещения основных рудных районов относительно структурно-физических неоднородностей литосферы, которые могли бы быть использованы в качестве структурно-вещественных критериев прогноза.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для достижения указанной цели в пределах региона выделены глубинные структуры и литосферные плотностные неоднородности, которые отражают особенности областей генерации и транзита РМС одного или нескольких близлежащих рудных районов [2]. Большинство исследователей считает мантию основным энергетическим и вещественным источником формирования месторождений (область генерации полезного компонента), поэтому основное внимание было направлено на выделение неоднородностей мантийно-нижнекорового уровня. Для более детального отражения внутренней структуры верхней мантии на основе карты мощности земной коры и карты мощности литосферы была создана карта мощности литосферной мантии (рис. 1). Для выявления предполагаемых глубинных очаговых структур использованы карты наблюденного и трансформированного гравитационного поля (осредненного с радиусом 50 км, карты остаточных аномалий $g_{\text{набл.}} - g_{50}$, карты остаточного гравитационного поля, полученного путем нетрадиционной трансформации по методике [12]). Принималось, что указанные карты отражают литосферные неоднородности нижнекорово-мантийного уровня (области разуплотнения). Для определения возраста литосферных неоднородностей анализировалось положение разновозрастных гранитоидных поясов относительно полученных областей разуплотнения, а их рудоконтролирующее значение выяснялось на основе анализа положения рудных районов относительно гранитоидных поясов и областей разуплотнения. Контуры распространения разновозрастных гранитоидных поясов выделены на основе карт разновозрастных гранитоидов, построенных по оригинальной методике Н.П. Романовским [19, 21].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Закономерности размещения рудных районов выявлялись путем сравнительного анализа связи разноразмерных литосферных неоднородностей с рудными объектами. Оценена связь аномалий гравитационного поля с разновозрастным магматизмом. На основе такого анализа установлены особенности формирования и функционирования РМС рудных районов разных типов.

Особенности строения литосферы рассмотрены на трех глубинных уровнях: литосфера, литосферная мантия и земная кора.

Структурный план **литосферы** [10] представляет собой взаимно-перпендикулярное сочетание блоков северо-восточного и северо-западного направлений с изменением мощности литосферы от 180 км (Северо-Азиатский кратон) до 40 км (окраина континента). Четкого соответствия между блоками литосферы и тектоническими структурами поверхности [10] не наблюдается. Рудные районы, в подавляющем большинстве, размещаются в блоках повышенной мощности литосферы (рис. 2).

Структурный план **литосферной мантии** в основных чертах повторяет структурный план литосферы (рис. 1, 2), однако представляет собой сочетание более изометричных блоков повышенной (110–160 км) и пониженной мощности (80–100 км), разделенных относительно узкими линейными блоками низкой мощности (60–20 км) северо-западного и северо-восточного простираний. Достаточно обособленную позицию занимает Сихотэ-Алинский блок, он линейно вытянут в северо-восточном направлении, для него характерно градиентное понижение мощности литосферы и литосферной мантии в сторону океана при нормальной мощности коры. Уменьшение мощности литосферной мантии в изометричных блоках сопровождается наличием аномалий повышенного теплового потока [11].

Пространственное размещение изометричных блоков подчеркивает наличие двух кольцевых структур – Северной и Южной (рис. 1). Северная размещается на пересечении северо-восточных и северо-западных зон пониженной мощности литосферной мантии, а Южная – на пересечении северо-восточной зоны пониженной мощности и запад-северо-западного линейного элемента, являющегося южным ограничением блока повышенной мощности литосферной мантии. Южная кольцевая структура представляет собой достаточно однородный блок литосферной мантии, совпадающий с наложенной впадиной Сунляо. К восточному борту впадины, характеризующемуся зоной пониженной мощности литосферной мантии, при-

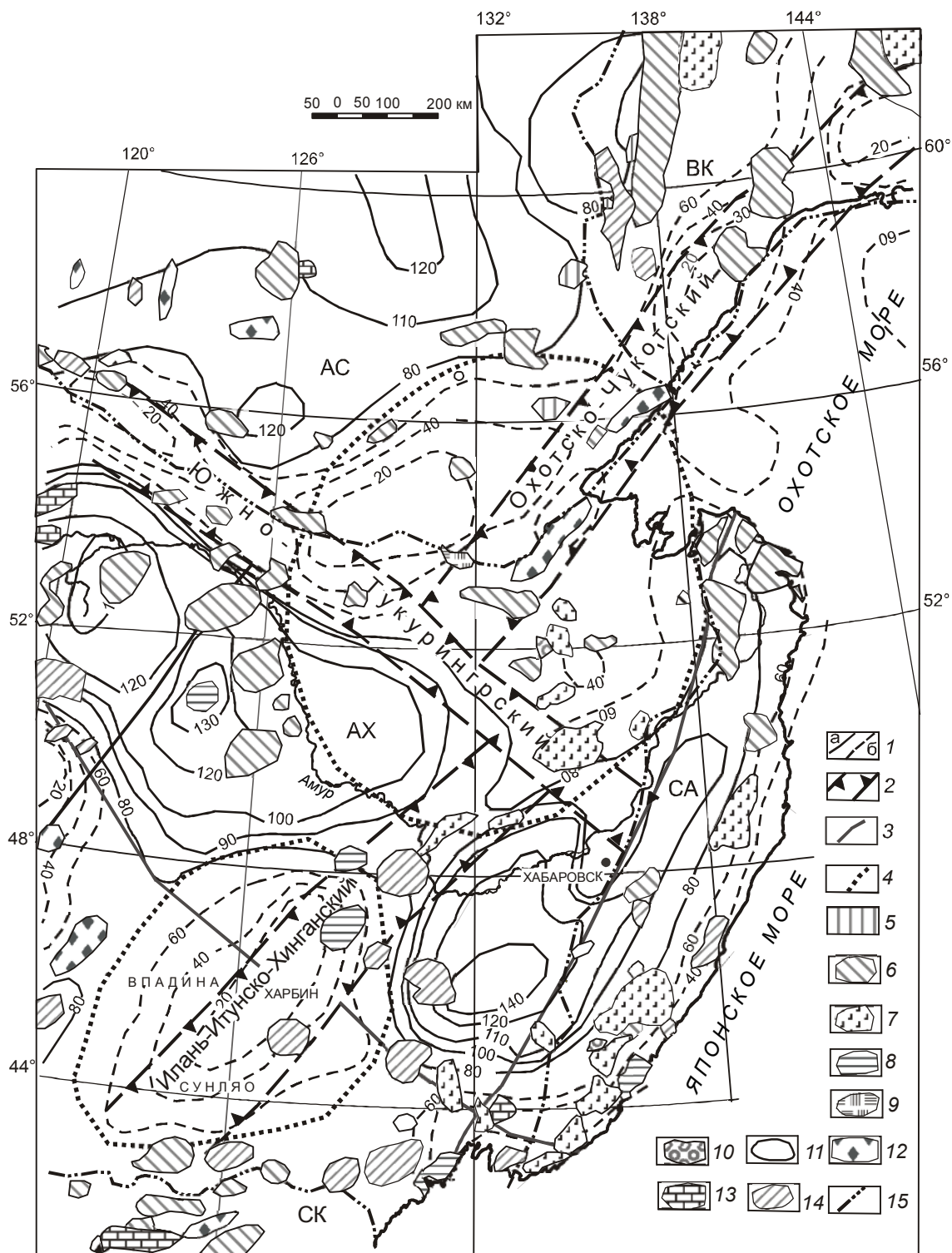


Рис. 1. Пространственное положение рудных районов юга Дальнего Востока России и сопредельных территорий Китая относительно структур литосферной мантии.

1 – изолинии мощности литосферной мантии: а) свыше 60 км, б) менее 60 км; 2 – линейные структуры сокращенной мощности литосферной мантии; 3 – межблоковые разломы мантийного заложения; 4 – границы кольцевых структур пониженной мощности литосферной мантии; 5–14 – профилирующая минерализация рудных районов: 5 – редкометалльно-редкоземельная, 6 – золота, 7 – олова, 8 – полиметаллов, 9 – сурьмы, 10 – молибдена, 11 – вольфрама, 12 – железа, 13 – урана, 14 – медно-молибденовая; 15 – границы металлогенических провинции: ВК – Верхояно-Колымской, АС – Алдано-Становой, АХ – Амурско-Хинганской, СА – Сихотэ-Алинской, СК – Северо-Китайской.

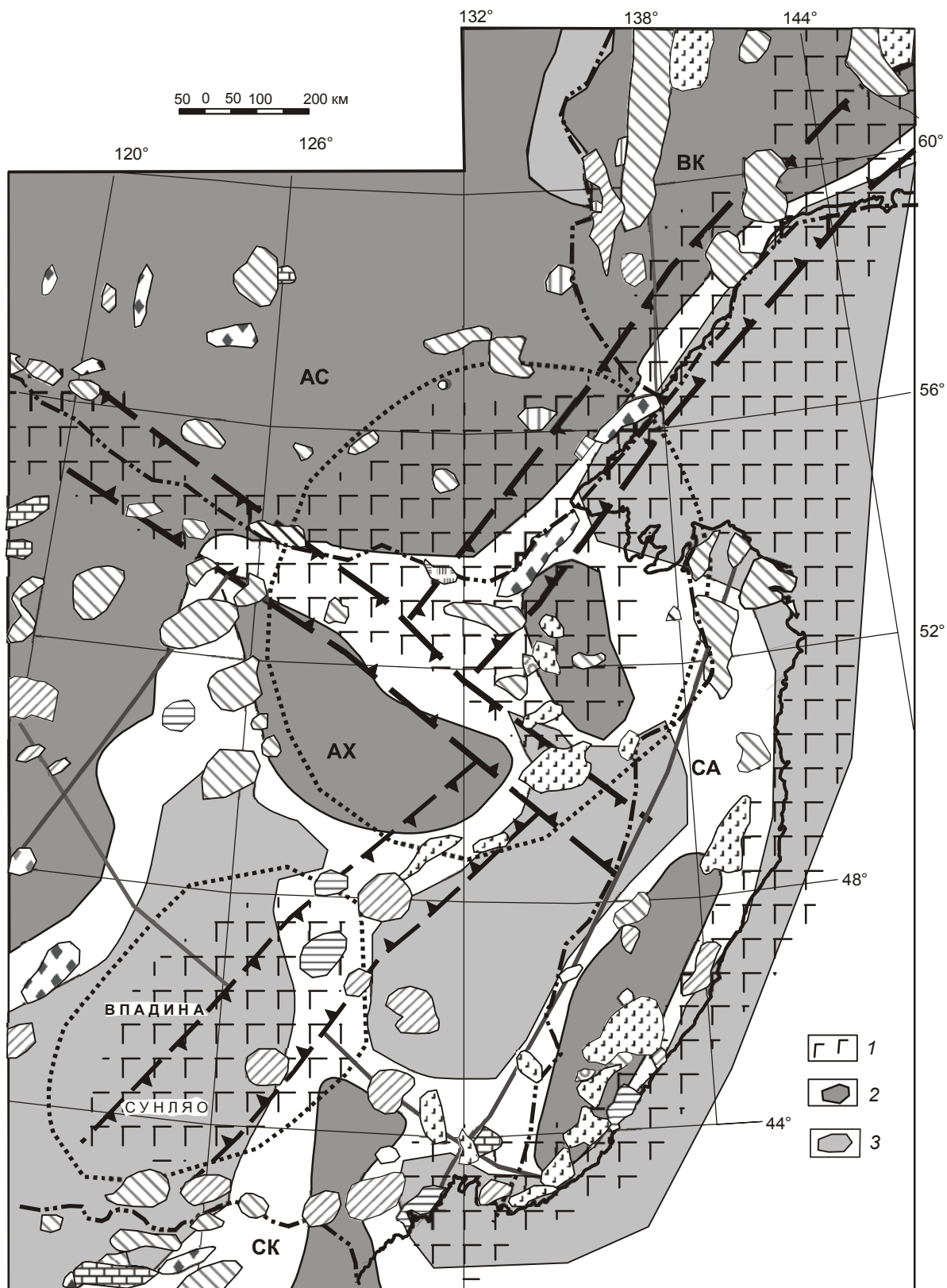


Рис. 2. Положение рудных районов относительно элементов глубинного строения литосферы.

1 – области пониженной мощности литосферы и литосферной мантии; 2 – области повышенной мощности земной коры; 3 – области пониженной мощности земной коры. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

урочены рудные районы полиметаллической специализации с золотом, медью, цинком и молибденом связанные с палеозойским магматизмом.

Северная кольцевая структура имеет более сложное внутреннее строение с центром в Мая-Селемджино-Амгунском междуречье [10]. Глубинными линеаментами она разделяется на три блока. Северо-западный, характеризуется минимальной мощностью (20–60 км) литосферной мантии и железо-редкометалльно-золотым оруденением (Дамбукинская металлогеническая зона (МЗ) – Au, Верхне-Токский рудный район (РР) – Au, Улканская МЗ – редкие земли, Геранский РР – Fe(Ti)). Восточный блок – с промежуточной мощностью литосферной мантии (40–80 км) и золото-оловянным оруденением (Ям-Алинский, Эзопский, Дуссе-Алинский, Баджалский, Комсомольский оловорудные районы, Ниманский, Кербинский, Нижнее-Ульбанский – золоторудные). Юго-западный блок с максимальной мощностью (80–100 км) приходится на восточную часть Амуро-Зейской впадины. К северо-западному и восточному блокам приурочены аномалии повышенного теплового потока. В плане кольцевая структура “срезается” Сихотэ-Алинским блоком северо-восточного направления. Вероятно, это свидетельствует о том, что сдвиговые движения вдоль меловой трансформной окраины произошли после образования кольцевой структуры, т. е. образование самой структуры произошло раньше мелового времени.

Особенностью плана структур **земной коры** рассматриваемой территории является преобладание блоков северо-восточного направления над северо-западными [10]. По мощности земной коры территория делится на две основные области: западную, отличающуюся повышенной мощностью земной коры (40–46 км) и восточную с пониженной мощностью (32–40 км) (рис. 2). Восточная область пониженной мощности имеет мозаичное строение. Здесь выделяются небольшие по площади блоки повышенной и, более обширные, блоки пониженной мощности земной коры. Вдоль Тихоокеанской окраины (Восточно-Сихотэалинский и Охотско-Чукотский вулканогенные пояса) узкой полосой протянулась зона пониженной, менее 32 км, мощности земной коры. Особенность размещения рудных районов состоит в том, что основная их часть приурочена к областям сочленения блоков разной мощности. К блокам повышенной мощности земной коры больше тяготеет литофильное оруденение, а к областям пониженной мощности – халькофильное.

Таким образом природа рассмотренных неоднородностей литосферы может быть представлена сле-

дующим образом: кольцевые структуры литосферной мантии (Северная и Южная – рис. 1, 2) по-разному проявлены в тектонических элементах территории, что по-видимому свидетельствует о разных механизмах и возрасте их формирования. Северная размещается в области сочленения трех тектонических структур (Северо-Азиатский кратон, Центрально-Азиатский и Тихоокеанский орогенные пояса) и трех линеаментов мантийного заложения. Внутри структуры выделяются две области регионального разуплотнения земной коры, уходящие “корнями” в мантию: восточная часть Алдано-Станового регионального гравитационного минимума – ее северо-западный блок, и Баджалский минимум – северо-восточный блок с глубиной до нижней кромки 70 км [20], которые на поверхности проявлены соответственно протерозойскими и мезозойскими магматитами (рис. 3, 4). По периметру она оконтурена наложенными мезозой-кайнозойскими впадинами. Такое строение позволяет рассматривать ее как локальный плюм, где режим первоначального сжатия в раннем мезозое сменился в конце мезозоя–кайнозое режимом растяжения. Южная кольцевая структура расположена в области сочленения внутренних структур Центрально-Азиатского подвижного пояса (Илань-Муданьцзянский, Гиринский каледонские и Силамунь-Иэнбеньский герцинские орогенные пояса, Турано-Чжангуанцийлинский и Дягдачи массивы). Она изначально формировалась как молодая (меловая) структура растяжения (рифтогенная внутриплитная система), что подтверждает соотношение мощностей земной коры и литосферной мантии (соответственно 10–60 км и 34–32 км.). Она, вероятно, является элементом современной рифтовой системы, протягивающейся от Чукотского п-ова до Желтого моря [23].

Разная геодинамическая природа структур определяет их разную металлогеническую специализацию: по периметру и в центре Северной находятся крупнейшие районы эндогенного оруденения [11], а Южная – это крупнейший нефтегазоносный бассейн Сунляо.

Далее к океану наблюдается градиентное уменьшение мощности литосферной мантии (Сихотэ-Алинский орогенный пояс), что, очевидно, соответствует континентальному склону мезозойского палеоокеана, а относительное увеличение мощности земной коры (36–40 км) подтверждает существующие представления о Сихотэ-Алинском орогенном поясе как мезозойской аккреционной системе, где в области скучивания произошло увеличение мощности земной коры [3, 23]. К нему приурочены крупные

районы оловянного оруденения. По линии Восточно-Сихотэалинского вулканогенного пояса отмечается следующая ступень уменьшения мощности литосферной мантии и земной коры, обусловленная, очевидно, уже кайнозойскими субдукционными процессами, с которыми связано формирование медно-полиметаллического с золотом оруденения [23].

Структурный план блоков земной коры существенно отличается от плана мантийных структур. Такое несоответствие особенно ярко выражено в пределах Центрально-Азиатского пояса, где для мантийных блоков преобладает северо-западное простирание, а для коровых – северо-восточное. Это, вероятно, свидетельствует о разном времени их формирования. Вопрос возрастных взаимоотношений структурного плана мантии и коры однозначного решения пока не имеет. Пространственное распределение отдельных геологических комплексов восточной части Центрально-Азиатского пояса показывает, что возможна их привязка не только к коровым, но и к мантийным блокам. Центральную часть пояса занимает Силамулунь-Иэньбэньский герцинский орогенный пояс северо-западного направления, по периферии “отороченный” каледонскими орогенными поясами – Гириным на юге и Добаошань-Илань-Муданьцзянским на севере. Северо-восточные простирания приповерхностных образований обусловлены поздней тектонической перестройкой, связанной со становлением Тихоокеанского подвижного пояса. Впоследствии северо-западная система испытала активизацию и проявила свое рудоконтролирующее значение, что подчеркивается структурно-морфологическими особенностями современного рельефа.

Преемственность мантийных и коровых структурных планов выражена на уровне линейных элементов (разломов). Линейным мантийным структурам подъема астеносферного слоя (линейные мантийные диапиры) соответствуют коровые межблоковые градиентные зоны. Последние – это, вероятно, молодые посторогенные структуры, по которым осуществлялся перенос мантийного вещества в земную кору (интрателлурические потоки, мантийные струи). Области подъема мантии, как линейные внутриплитные, так и окраинные, в подавляющем большинстве контролируются на поверхности интрузивными или вулканогенными образованиями (рис. 1, 3, 4).

Наиболее крупными мантийными линеаментами рассматриваемого региона являются: северо-западный – Южно-Тукурингский; северо-восточный, состоящий из двух ветвей (северная – Охотско-Чукотский, и южная – Илань-Итунско-Хинганский (рис. 1)). Первый является элементом субдукционно-кол-

лизионной системы на юго-восточной границе Северо-Азиатского кратона с Амурской литосферной плитой [15]. Он разделяет области разновозрастного гранитоидного магматизма (протерозойского и палеозойского) и области доминирующих направлений коровых разломов (северо-восточных на юге и северо-западных на севере). Он контролирует золоторудные районы в основном с мезозойским оруденением. Природа северной ветви второго линеамента связана с субдукционно-колизийными процессами на границе Северо-Азиатского кратона и Охотоморской плиты [15]. На поверхности он трассируется по всей протяженности мезозойскими (триасово-юрскими) гранитоидами и меловыми вулканитами. К нему приурочено разновозрастное разнотипное оруденение: древнее (PR-PZ) железорудного профиля с золотом и молодое (MZ) золотосеребряное в вулканитах. Южная ветвь зоны – это внутренний элемент Амурской плиты. Однозначной тектонической трактовки она не имеет, но в последнее время ее северная часть (Хинганская) рассматривается либо как область мезозойской коллизии активной континентальной окраины андийского типа, либо как область трансформной окраины [18]. На поверхности она проявлена палеозойско-мезозойскими гранитоидными образованиями и серией меловых вулканогенно-тектонических структур. К северной ее части приурочены районы мезозойского золото-оловянного оруденения.

К областям подъема мантии (линейным, градиентным и изометричным) часто приурочены интрузивно-вулканогенные образования мезозойского возраста. Это позволяет предположить, что основная морфология плана мантийных структур в современном виде сформировалась уже в мезозое. При этом необходимо отметить, что интрузивные гранитоидные образования в пределах линеаментных структур мантийного заложения представлены в виде отдельных небольших ареалов гранодиоритового или гибридного составов [3, 13]. В то же время, основные объемы пород гранитоидного состава находятся за пределами этих структур, внутри блоков повышенной мощности коры и литосферы. Очевидно, это свидетельствует о том, что тектонически напряженная обстановка линеаментов и небольшая вертикальная мощность литосферы не способствовали формированию крупных внутрикоровых интрузивных массивов. Последние развивались в более спокойных сопредельных областях с более мощной корой и литосферой. Тот факт, что линейные мантийные системы контролируют разновозрастный магматизм и разновозрастную рудную минерализацию, указывает на их разное функциональное значение для рудообразова-

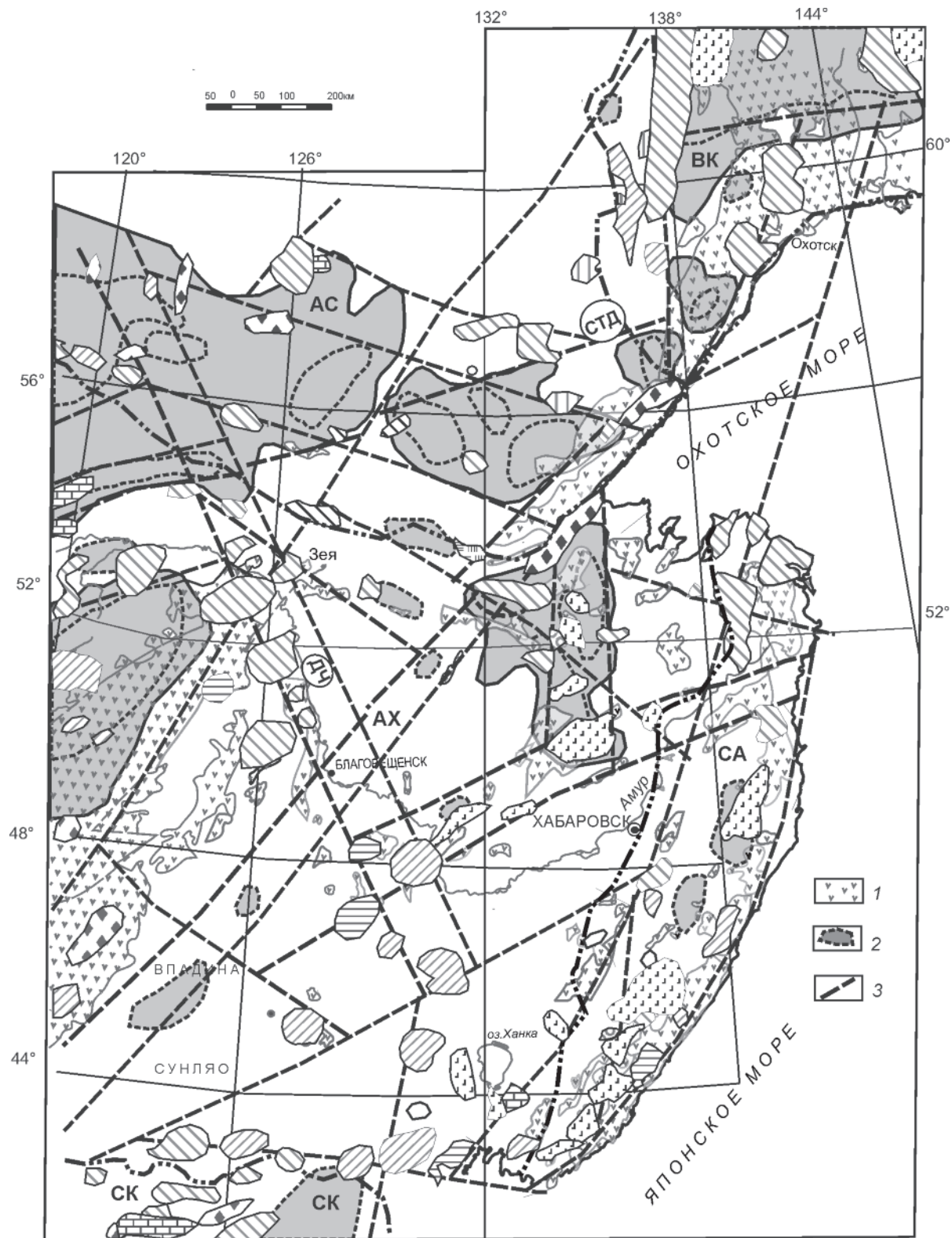


Рис. 3. Пространственное положение рудных районов относительно вулcano-плутонических поясов [10] и мантийно-коровых структур.

1 – области распространения вулканитов; 2 – области региональных (цвет) и локальных (линия) разуплотнений, выделенные на основе трансформированного гравитационного поля; 3 – разломы мантийно-корового заложения: ДЧ – Джелтулак-Чжангуанцайлинская, СТД – Северо-Турурингско-Джугджурская системы. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

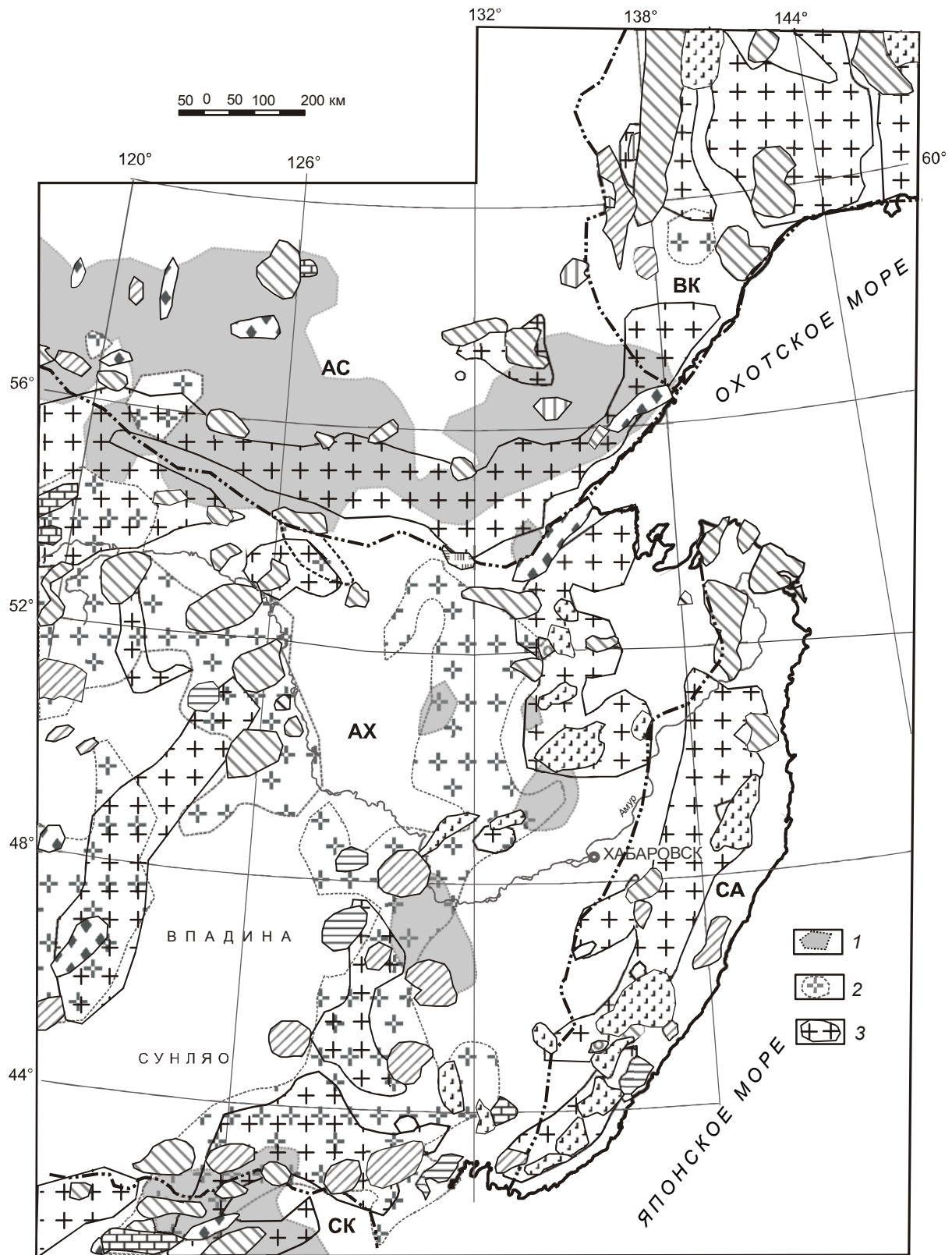


Рис. 4. Пространственное положение рудных районов относительно гранитоидных поясов [19].

Области распространения гранитоидов на основе количественных оценок: 1 – протерозойского возраста; 2 – палеозойского возраста; 3 – мезозойского возраста. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

ния. Для мезозойских объектов они имеют рудогенерирующее значение, а для более древних объектов – это фактор, определяющий уровень современного эрозионного среза районов с древним оруденением.

Анализ положения рудных районов относительно выделенных мантийных структур показывает, что вне зависимости от типа оруденения они делятся на две группы. Первая, включающая большинство крупных месторождений (Покровский, Хаканджинский, Селемджинский, Комсомольский Хингано-Олонойский, Дальнегорский, Вознесенский рудные районы и т.д.), контролируется областями подъема мантии – линейными, изометричными или градиентными, вне зависимости от возможной геодинамической природы – субдукционно-коллизионной, плюмовой, рифтогенной. Вторая – приурочена к блокам повышенной мощности литосферной мантии (литосферы), внутри литосферных блоков (Центрально-Алданский, Эльконский, Кет-Капский, Урюмкано-Уровский, Сидино, Добаошань и др.) .

Нижнекоровые неоднородности выражены тектоническими нарушениями, изменениями мощности земной коры и областями разуплотнения.

Рудоконтролирующие тектонические нарушения делятся на две группы: преимущественно коровые и коро-мантийные. Из коровых разломов рудоконтролирующее значение наиболее ярко выражено для Джелтулак-Чжангуанцайлинской и Северо-Тукурингско-Джугджурской систем разломов, которые (рис. 3) выделены впервые. Они проявлены в современном рельефе, где первая система ограничивает хр. Малый Хинган, а вторая – подчеркивается положением речных долин и простирается Олекминского и Алдано-Учурского хребтов.

Роль в рудоконтроле и металлогеническая специализация мантийных и коровых разломов по простираению изменяется, определяясь особенностями состава и строения пересекаемых ими тектонических структур.

Карты наблюденного и трансформированного гравитационного поля позволяют предположить наличие **РМС очагового типа**. Отмечаются два уровня структур разуплотнения: региональные и локальные. Региональные структуры – это все известные крупнейшие региональные минимумы гравитационного поля (Большехинганский, Южно-Верхоянский, Сихотэ-Алинский северо-восточного направления, Баджальский – изометричной формы и Алдано-Становой – субширотного направления), характеризующиеся повышенной мощностью земной коры. Количественные оценки глубин нижних кромок свидетельствуют о том, что природа разуплотнения большин-

ства их, за исключением Сихотэ-Алинского, обусловлена мантийными плотностными неоднородностями. Региональные аномалии гравитационного поля складчатых поясов имеют простую морфологию и совпадают с областями распространения мезозойских гранитоидов. В то же время, для Алдано-Станового минимума характерна достаточно сложная внутренняя структура. Пространственно он совпадает с областью распространения протерозойских гранитоидов, а главная зона гранитоидов мезозоя расположена на его южном окончании в пределах Становой гранит-зеленокаменной области (ГЗО) (рис. 4). По морфологии аномалия разделяется на две области – восточную и западную. Восточная размещается в пределах восточной части Алданской гранулит-гнейсовой области (Восточно-Алданский блок) Алдано-Станового щита, включает три локальных очага разуплотнения. По ее периметру размещены Омнинский, Верхнетокский и Верхнекупуринский золоторудные районы с мезозойским оруденением и Улканский редкоземельный с протерозойским оруденением. Западная область разуплотнения охватывает западную часть Алданской гранулит-гнейсовой области (Центральный блок), Олекминскую гранит-зеленокаменную области и часть Селенга-Станового каледонского орогенного пояса [10]. Каждая геологическая структура имеет свою рудную специализацию: Центральный блок – железо-золото-урановую, Олекминская ГЗО – медно-железородную с золотом, Селенга-Становой каледонский пояс – золото-урановую. Общим элементом для Алдано-Станового минимума является наличие мезозойского золотого оруденения. Это дает основание предполагать, что возраст локальных областей разуплотнения, которые контролируют рудные районы, близок к возрасту золотого оруденения, т.е. связан с мезозойским этапом магматизма. Последний проявился в области протерозойской специализации литосферы, и магматические тела в настоящее время не выведены на дневную поверхность в пределах Алданской гранулит-гнейсовой области – это области плотностной инверсии [10]. Породы высокой степени метаморфизма, вероятно, сформировались в условиях коллизионного сжатия, имеют относительно небольшую мощность, “плавают” в поле специализированных пород. Косвенно это подтверждает тот факт, что для Центрального блока Алданского щита, характеризующегося наименее возмущенным гравитационным полем, со слабо проявленным мезозойским магматизмом, отмечается преимущественно железорудная, а не золотая минерализация.

Региональные области разуплотнения орогенных поясов, вероятно, также имеют преимуществен-

но мезозойский возраст, независимо от возраста самих поясов. Везде в пределах областей разуплотнения установлены вулканические или гранитоидные образования мезозойского возраста (рис. 4). В мезозойских орогенных поясах (Сихотэ-Алинский, Верхояно-Колымский) формирование областей разуплотнения связано со становлением самих поясов (субдукционно-коллизионные процессы на границе литосферных плит), с объемным мезозойским магматизмом (гранитоидные батолитоподобные интрузии и вулкано-плутонические постройки). Они располагаются в области градиентного понижения мощности литосферной мантии. В палеозойском Центральном-Азиатском поясе такие области разуплотнения связаны с молодыми внутриплитными процессами в блоках повышенной мощности литосферной мантии.

Крупные региональные области разуплотнения характеризуются разнотипным оруденением, в значительной мере определяющимся характером субстрата. Верхояно-Колымский, Баджалский, Сихотэ-Алинский минимумы в пределах орогенных поясов, отличающихся фемически-сиалическим типом земной коры, имеют халькофильно-литофильную – золото-оловянную специализацию, а Алдано-Становой с фемически-сиалическим составом земной коры характеризует железно-редкометалльно-золотой специализацией.

Локальные очаги разуплотнения, не связанные с региональными, зафиксированы в пределах мантийных линеаментов (Южно-Туруингрский, Охотско-Чукотский) и проявлены на поверхности небольшими интрузивно-купольными структурами палеозойско-мезозойского возраста (Октябрьский, Сергачинский, Соловьевский, Талданский, Покровский, Хинганский, Хаканджинский РР). В пределах локальных областей разуплотнения, приуроченных к линейным областям подъема мантии, развито преимущественно золотое оруденение [3, 13].

Таким образом, большинство региональных областей разуплотнения имеют мантийную природу, размещаются внутри литосферных блоков, характеризуются повышенной мощностью земной коры, а их металлогеническая специализация определяется составом субстрата, в котором они находятся. Локальные области могут иметь коровую и мантийную природу, размещаются в зоне сочленения блоков литосферы и контролируются межблоковыми коромантийными разломами. Преобладающий возраст формирования всех типов разуплотнений – мезозойский.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ материала показывает, что размещение эндогенных рудных районов разнообразных типов на рассматриваемой территории четко контролируется

положением вулкано-плутонических и гранитоидных поясов (рис. 3, 4), которые приурочены к разным глубинным неоднородностям. Последние определяют особенности транзита вещества и энергии РМС, характер структуры рудных районов внутри указанных поясов, особенности магматизма и рудную специализацию. Вулкано-плутонические пояса контролируются областями сокращенной мощности литосферы и литосферной мантии, которые обусловлены подъемом мантии разной природы – внутриплитными или межплитными линейными или изометричными мантийными диапирами и коромантийными разломами. Гранитоидные пояса размещаются, в основном, в блоках повышенной мощности литосферы, литосферной мантии и земной коры соответствующих тектонических структур. Они имеют разную выраженность в гравитационном поле. Как правило, четкими гравитационными минимумами (региональными и локальными) выражены гранитоидные пояса и отдельные структуры мезозойского возраста, в то время как палеозойские гранитоидные пояса не имеют столь четкой выраженности. Требуется специальное изучение природы Алдано-Станового минимума, который, как отмечено выше, не вписывается в указанную закономерность.

В соответствии с изложенным, можно выделить следующие основные элементы глубинного контроля РМС рудных районов: блоки повышенной мощности литосферы, элементы подъема астеносферного слоя разной тектонической природы (мантийные диапиры рифтовой, плюмовой природы, области деляминации, субдукционно-коллизионные зоны); блоки повышенной мощности земной коры; области региональных и локальных коромантийных или коровых разуплотнений (области специализации литосферы и глубинного магматизма) [14]; системы тектонических нарушений мантийного и корового заложения. При этом важнейшее значение имеют межблоковые тектонические нарушения (мантийные или коровые), либо участки их пересечения.

Выделенные элементы позволяют на основе построенных схем интерпретации гравитационного поля и карт глубинного строения для каждого рудного района создать свой «индивидуальный портрет», т.е. определиться с особенностями областей их генерации и транзита. Результаты анализа показывают, что известные рудные районы с мезозойским оруденением по особенностям **областей генерации** РМС могут быть разделены на два класса: объекты, область генерации которых связана с глубинными процессами (мантийные диапиры, коромантийные разломы, коромантийные области разуплотнения), и объекты, область генерации которых связана с коро-

выми процессами (коровые разломы и коровые разуплотнения). По особенностям **областей транзита** РМС объекты контроля рудных районов делятся на: а) зоны свободной связи мантии и земной коры, приуроченные к межблоковым коровым разломам в зоне линейных мантийных диапиров; б) области относительно свободной связи с мантией, приуроченные к межблоковым разломам коромантийного заложения с гибридным типом магматизма; в) области затрудненной связи с мантией (разуплотнения внутри литосферных блоков с преимущественно гранитоидным типом магматизма). Структуры транзита последнего типа формировались в блоках более спокойного геодинамического режима (большая мощность литосферы и земной коры), транспортировка рудного вещества от областей генерации в область локализации осуществлялась посредством формирования промежуточных очагов, сопровождающихся процессами палингенеза и ассимиляции.

Как коровые рассматриваются области генерации РМС тех рудных районов, которые контролируются коровыми разломами или коровыми областями разуплотнения. Однако это полностью не исключает их связь с мантией, которая может быть обнаружена при более крупномасштабных исследованиях [1].

Разрешающая возможность выделенных элементов рудоконтроля для прогноза РМС определялась путем оконтуривания на их основе (не менее двух признаков) площадей, наиболее перспективных для формирования рудных районов (рис. 5). При этом доминирующими явились области пересечения тектонических разломов разного заложения и локальные области разуплотнения, сопровождающиеся наличием на поверхности продуктов магматизма – как показателя глубинного энергомассопереноса. Тип линии, оконтуривающей благоприятные площади, показывает предполагаемую особенность области генерации – коровая или коромантийная, а толщина линии – количество разновозрастных магматических комплексов на поверхности (возрастной диапазон преобразования корового вещества). Анализ размещения известных рудных районов относительно выделенных благоприятных площадей показывает, что около 70 % промышленных рудных районов находятся в их пределах, что позволяет утверждать, что данные признаки можно использовать для выявления перспективных на эндогенное оруденение площадей. Однако для выделения конкретных структур, контролируемых рудные районы, в рамках выделенных перспективных площадей требуется дополнительное изучение внутрикоровых неоднородностей.

Анализируя эффективность выделенных признаков в разных металлогенических провинциях,

можно отметить следующее. Для рудных объектов Алдано-Становой металлогенической провинции ведущими являются области региональных и локальных минимумов гравитационного поля и коровые разломы; для Верхояно-Колымской – области региональных и локальных минимумов гравитационного поля и коромантийные разломы; для Амуро-Хинганской – линейные и изометричные области подъема астеносферы, минимумы гравитационного поля и коромантийные разломы; для Сихотэ-Алинской – материково-окраинные области подъема мантии и коромантийные разломы. Наиболее сложные условия транспортировки вещества характерны для Алдано-Становой провинции, наиболее простые – для Сихотэ-Алинской.

Распределение разных рудных районов относительно выделенных элементов внутри металлогенических провинций показывает, что в Алдано-Становой провинции – к локальным областям разуплотнения (периферии) наиболее тяготеют золоторудные районы; в Верхояно-Колымской – минимумами гравитационного поля контролируются оловорудные районы, а для золоторудных характерны разнообразные прогнозные признаки; в Амуро-Хинганской – минимумами контролируются оловорудные районы, а золоторудные – сочетанием локальных областей разуплотнения и подъемом мантии (линейными и изометричными); в Сихотэ-Алинской – оловорудные и золоторудные объекты приурочены к градиентному подъему мантии, при этом оловорудные районы размещаются в блоках повышенной мощности земной коры. Однако, в целом, прямой связи между типом области генерации РМС и видом продуктивного оруденения нет. Очевидно, рудная индивидуализация РМС происходит на более высоких коровых уровнях транзита мантийного вещества. В этой связи становится весьма актуальным вопрос выделения рудоконтролирующих коровых геофизических неоднородностей.

ВЫВОДЫ

1. Анализ структурных планов мантии, земной коры и тектонической карты показал, что тектонические структуры лучше согласуются с элементами строения земной коры, нежели мантии. Привлечение к тектоническим построениям информации по глубинному строению мантии может существенно изменить существующие тектонические и металлогенические концепции развития региона.

2. Выделенные элементы глубинного строения литосферы (блоки повышенной мощности литосферы и земной коры; линейные, изометричные, градиентные области сокращенной мощности литосфер-

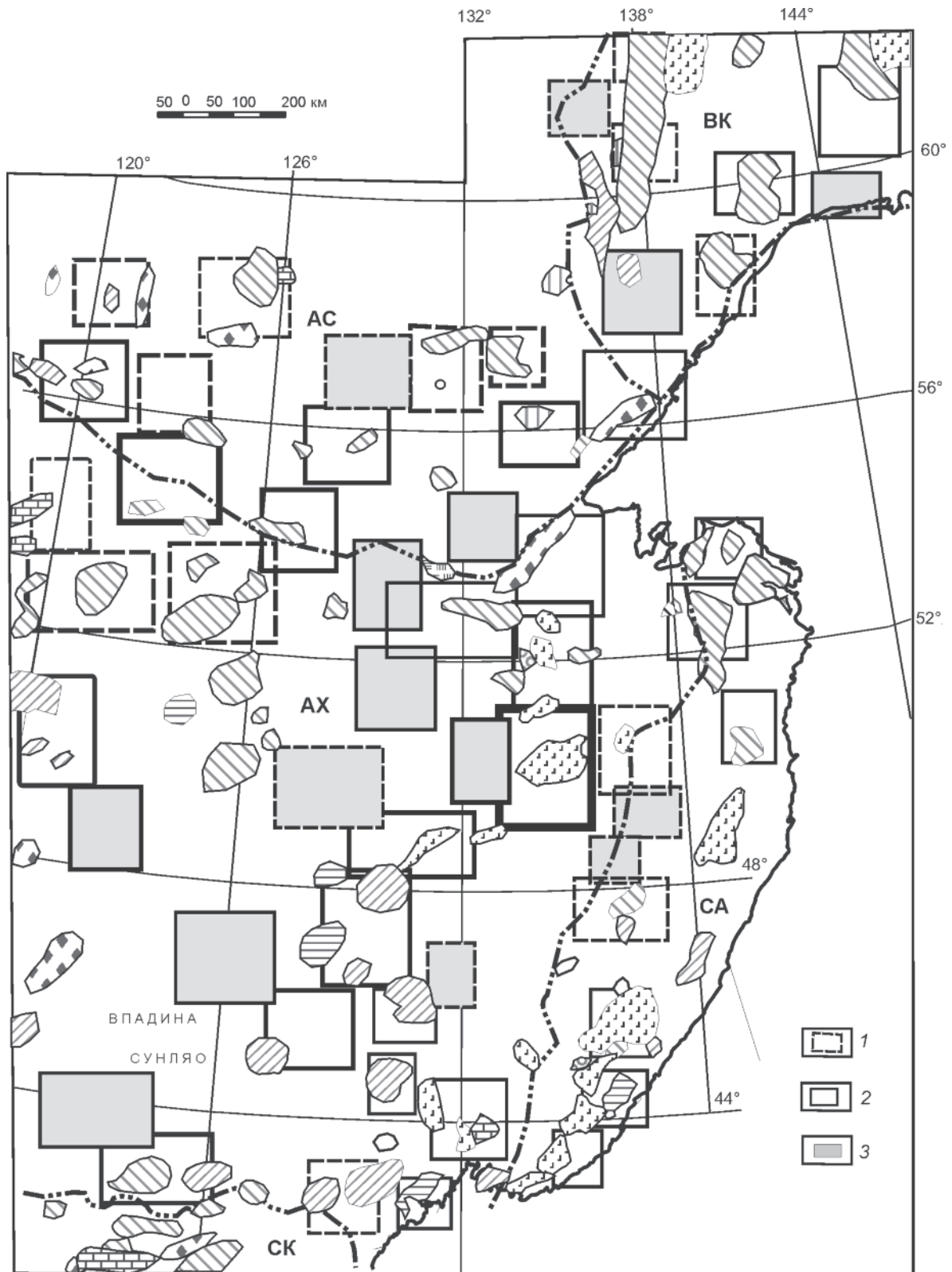


Рис. 5. Благоприятные площади для формирования РМС.

Площади, благоприятные для формирования РМС, выделенные по комплексу признаков: 1 – преимущественно с мантийной областью генерации; 2 – преимущественно с коровой областью генерации; 3 – площади, перспективные на выявление новых РМС. Толщина линии контура отражает количество в его пределах разновозрастных магматических образований. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

ной мантии; региональные и локальные области корового и коромантийного разуплотнений; коровые и коромантийные разломы) могут рассматриваться в качестве региональных геолого-геофизических признаков рудных районов.

3. На основе указанных элементов глубинного строения для РМС известных рудных районов выделяются два глубинных уровня областей генерации – коровый и коровомантийный, и три типа областей транзита: свободной (в зоне влияния мантийных линейных диапиров), затрудненной (в зоне межблоковых коромантийных разломов) и весьма затрудненной (внутри литосферных блоков в зоне влияния мантийно-коровых очагов разуплотнения) связи с мантией.

Работа выполнена в рамках проекта ДВО РАН 06-ОНЗ-113.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов В.А. Глубинное строение Центрально-Алданского района. Владивосток: Дальнаука, 1995. 180 с
2. Бакулин Ю.И. Систематизация оловоносных и золотоносных рудных систем для целей прогнозирования М.: Недра, 1981. 192 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. чл.-корр. РАН А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006, 972 с.
4. Глубинное геолого-геофизическое картографирование при среднемасштабных геолого-съёмочных работах. Владивосток: Дальнаука, 2002. 243 с.
5. Глубинное строение и условия формирования эндогенных рудных районов, полей и месторождений. М.: Наука, 1983. 237 с.
6. Глубинная структура рудных районов очагового типа: Центрально-Азиатский сегмент Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1992. 156 с.
7. Иволга Е.Г. Оценка перспектив глубинной рудоносности промышленных рудных районов на базе объемного геофизического картирования // Вопросы геологии, металлогении, поисков и оценки месторождений Дальнего Востока. Хабаровск: Изд-во ДВВИМСа, 2002. С. 84–95.
8. Иволга Е.Г. Металлогеническая специализация районов гравимагнитных полей юга Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 94–103.
9. Изучение объемного строения эндогенных рудных районов при геолого-съёмочных работах. Методическое пособие по объемному геологическому картированию / Духовский А.А. (Отв. исп.), Артамонов Н.А., Булычев А.В. и др. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 327 с.
10. Карсаков Л.П., Чжао Чуньцин, Малышев Ю.Ф. и др. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов Объясн. зап. к Тектонической карте 1: 1 500 000. Владивосток-Хабаровск, 2005. 263 с.
11. Малышев Ю.Ф., Горошко М.В., Родионов С.М., Романовский Н.П. Глубинное строение и перспективы поисков крупных и сверхкрупных рудных месторождений на Дальнем Востоке // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования / Под ред. Д.В. Рундквиста. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 430 с.
12. Манилов Ф.И., Иволга Е.Г. Ретроспективные построения на базе гравитационных реконструкций (Ханкайский массив, Приморье) // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 4. С. 107–115.
13. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 332 с.
14. Павлов Ю.А., Рейнлиб Э.Л. Гравитационные аномалии и гранитоидный магматизм юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1982. 86 с.
15. Парфенов Л.М., Берзин Л.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеан. геология. Т. 22, № 6. 2003. С. 7–41.
16. Петрищевский А.М. Глубинные структуры Вознесенского флюоритоносного района. Владивосток: Дальнаука, 2002. 103 с.
17. Родионов С.М. Металлогения олова Востока России. М.: Наука, 2005. 325 с.
18. Родионов С.М., Малышев Ю.Ф., Романовский Н.П. и др. Глубинное строение уникальных рудоносных структур Дальнего Востока России / Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Т. 3. Кн. 1. Стратегические виды рудного сырья Востока России. М.: ИГЕМ РАН, 2006. С. 103–130.
19. Романовский Н.П. Способ количественной оценки проявлений гранитоидного магматизма при глубинных геолого-геофизических исследованиях // Тихоокеан. геология. 1984. № 1. С. 113–120.
20. Романовский Н.П., Бормотов В.А. О глубинной структуре Комсомольского и Баджалского рудных районов // Тихоокеан. геология. 1992. № 1. С. 31–37.
21. Романовский Н.П. Тихоокеанский сегмент земли: глубинное строение, гранитоидные рудно-магматические системы. Хабаровск: ИТИГ, 1999. 167 с.
22. Романовский Н.П., Малышев Ю.Ф., Дуан Жуйянь, и др. Золотоносность юга Дальнего Востока России и Северо-Восточного Китая // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 26, №6. С. 1–15.
23. Ханчук А.И., Иванов А.И. Геодинамика Востока России в мезо-кайнозойе и золотое оруденение // Геодинамика и металлогения. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 7–30.

Рекомендована к печати Н.П. Романовским

*E. G. Ivolga***Ore region locations in the lithospheric structures of the Russian Far East South and the adjacent China areas (from geophysical data)**

Metallogenic interpretation of deep structure maps of the region (thickness maps for the lithosphere, the lithospheric mantle, and the crust, constructed from results of the quantitative geophysical data interpretation) and gravity maps (those for the observed and transformed gravity fields) has been made. Based on analysis of spatial locations of ore regions with respect to anomalies and morphological elements of the above maps, the following elements were distinguished as ore controlling indications: areas of reduced lithospheric mantle thickness interpreted as the asthenosphere top of different tectonic nature (mantle diapirs, rifts, local plumes, areas of delamination of subduction-collision zones, etc.); regional and local unconsolidation areas (areas of sialization of the lithosphere and source magmatism; crustal and mantle tectonic faults). The above indications allow us to do the following: a) to determine the type of ore-generating and ore-controlling structures of ore regions (crustal and mantle) and type of the ore substance transit (non-hampered, hampered and much hampered relationship to the mantle), b) to evaluate the potential of the known ore regions and to distinguish the perspective areas for revealing the new ore regions.

Key words: ore region, ore-magmatic system, deep structure, crust, mantle, lithosphere, lithospheric mantle, the Russian Far East South, the northeast of China.

ЗАМЕЧАНИЕ РЕЦЕНЗЕНТА

В современной геофизике существование границы раздела “астеносфера–литосфера” экспериментально не установлено. Ряд ученых придерживается точки зрения об отсутствии такой граничной поверхности и даже самой астеносферы в “чистом” виде (см., например, статью Тараканов Р.З., Левый Н.В. Полиастеносферная модель верхней мантии Земли по сейсмологическим данным. ДАН СССР, 1967. Т. 176, № 3, с. 571–575). Автор модели литосферы из ИТиГ не представил убедительных геофизических доказательств выделения границы “астеносфера–литосфера”. В сложившейся ситуации обсуждение металлогенических следствий, вытекающих из анализа схем мощности литосферы и поведения кровли астеносферы, представляется рецензенту преждевременным и порождающим неоправданные иллюзии.

Ю.Я. Ващилов