

Геолого-геофизические критерии прогнозирования разноранговых золоторудных площадей в пределах Центрально-Колымского региона (на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района, Северо-Восток России)

Аннотация. В работе приводятся результаты анализа различных трансформаций магнитного, гравитационного, сейсмического и геоэлектрического полей Иньяли-Дебинской рудной зоны Яно-Колымского металлогенического пояса. Выявлены основные глубинные прогнозные критерии рудоносных площадей – региональные (на примере Берелёхского рудного района) и локальные (на примере Чай-Юрьинского рудного узла).

Ключевые слова: рудный район, рудный узел, трансформанты, магнитное поле, гравитационное поле, сейсмическое и геоэлектрическое поля, граница Мохо, глубинные прогнозные критерии оруденения.

ХАСАНОВ ИБРАГИМ МУБАРАКОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий геофизик¹, ведущий научный сотрудник², aumaglan@yandex.ru

МИХАЛИЦЫНА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник², tim_66@mail.ru

МАКАРОВА ДИАНА ВЛАДИМИРОВНА, старший инженер², dianka.zeta.22@mail.ru

¹ООО «Золотодобывающая Корпорация», г. Магадан

²ФГБУ Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН), г. Магадан

Geological and geophysical criteria of forecasting for diverse-rank gold ore areas within the Central Kolyma region (on example of the Chai-Yurinsky ore cluster of the Berelekh ore district, Northeastern Russia)

I. M. KHASANOV^{1,2}, T. I. MIKHALITSYNA², D. V. MAKAROVA²

¹ООО “Zolotodobyvayuschaya Korporatsiya”, Magadan

²Federal State Budgetary Institution “N. A. Shilo North-Eastern Complex Research Institute”, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (SVKNII FEB RAS), Magadan

Annotation. This paper presents results of an analysis of various transformations of the magnetic, gravitational, seismic, and geoelectric fields of the In'yali-Debinsky ore zone of the Yana-Kolyma Metallogenic Belt. The main deep-level forecasting criteria of the ore-bearing areas have been identified, including the regional (based on the Berelekh ore district as an example) and local (the Chai-Yuryinsky ore cluster as an example) ones.

Key words: ore district, ore cluster, transformants, magnetic field, gravitational field, seismic and geoelectric fields, Moho boundary, deep-level forecasting criteria of ore mineralization.

Введение. Исследуемая территория, вмещающая Берелёхский минерагенический район и Чай-Юрьинский рудный узел в его пределах, приурочена к Центрально-Колымскому золоторудному региону. В административном плане она относится к Сусуманскому муниципальному округу Магаданской области и расположена в среднем течении р. Чай-Урья, правого притока р. Берелёх Колым-

ской речной системы. Геологическое изучение района ведётся с 1930-х гг. в связи с открытием в 1936 г. крупнейшей в мире россыпи золота р. Чай-Урья (добыто 300 т чистого металла). Однако вопрос о коренных источниках, соответствующих ей по масштабам и по настоящее время, остаётся дискуссионным. В результате проведения в последнее десятилетие поисково-оценочных и

разведочных работ ООО «Бар Голд», ООО «Золотодобывающая корпорация», ООО «Статус» в центральной части исследуемого района было выявлено золоторудное месторождение Шахтное и ряд рудопроявлений, объединённых в Урьинское рудное поле.

Цель исследований – выявление критериев прогноза (в том числе глубинного генезиса) разноранговых рудоносных площадей в пределах Центрально-Колымского региона на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района. В основу статьи положены авторские материалы полевых геолого-геофизических исследований (масштабов 1 : 200 000, 1 : 10 000 и 1 : 5 000); материалы по опорному геолого-геофизическому профилю 3 ДВ (масштаба 1 : 1 000 000) и аэромагнитной и гравиметрической (масштаба 1 : 200 000) съёмки (база ГРАВИМАГ); структурно-геофизические работы по созданию объёмной физико-геологической модели глубинного строения Центрально-Колымского района (масштаба 1 : 200 000); результаты комплексных геолого-геофизических геофизических данных [2, 6, 7].

Геологическая характеристика. Чай-Юрьинский рудный узел расположен в юго-восточной части Яно-Колымского орогенного пояса. Он приурочен к юго-западному крылу Иньяли-Дебинского мега-синклинория и северо-восточной части Аян-Юрьинского антиклинория, структурного элемента Адыча-Балыгычанского мегантиклинория, сочленяющихся по Чай-Юрьинскому глубинному разлому сложной кинематики. Глубинный разлом вытянут в северо-западном направлении и сопровождается в пределах Иньяли-Дебинского мега-синклинория одноимённой зоной смятия (ширина 4–6 км), которая охватывает большую часть бассейна р. Чай-Урьи и далее на юго-восток, ниже её устья, долину р. Берелёх. Чай-Юрьинский рудный узел входит в состав Берелёхского рудного района Иньяли-Дебинской рудной зоны Яно-Колымского металлогенического пояса (рис. 1) [3].

Разрывные нарушения в пределах Чай-Юрьинского рудного узла представлены, прежде всего, синккладчатыми, продольными разломами северо-западного простирания, сопровождающими Чай-Юрьинский глубинный разлом, а также сколовыми по отношению к нему – субмеридионального и субширотного простирания. Эти разломы имеют определяющее значение при формировании тектонических структур и играют основную роль в локализации оруденения; поперечные разломы северо-

восточного простирания непротяжённые, встречаются реже и являются второстепенными.

На площади Чай-Юрьинского рудного узла развиты терригенные и вулканогенные нижнеюрские отложения кадыкчанской свиты (аргиллиты, туфоаргиллиты, пепловые туфы, песчаники, туфопесчаники, прослой гравелитов), терригенные среднеюрские отложения мяунджинской свиты (флишоидное переслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов) и в небольшом объёме, на границе с Аян-Юрьинским антиклинорием, верхнетриасовые (песчаники, алевролиты, гравелиты).

Все осадочные породы прорваны дайками и мелкими интрузиями гранитов, гранит-порфиров, гранодиоритов, гранодиоритовых порфиритов, диоритов и диоритовых порфиритов, объединённых в нера-бохапчинский, басугуньинский и тас-кыстабытский комплексы поздней юры–раннего мела. Позднеюрский нера-бохапчинский комплекс (J_3nb) сложен преимущественно дайками диорит-порфиритов, отличающимися интенсивными метасоматическими преобразованиями. Басугуньинский гранодиорит-гранитовый (J_3b) комплекс распространён по периферии Чай-Юрьинской зоны разлома и объединяет дайки и дайкоподобные тела гранит-порфиров и гранодиоритов. Тас-кыстабытский комплекс (K_1tk) распространён в юго-западном крыле Чай-Юрьинского разлома и представлен мелкими телами и дайками гранит-порфиров (верховья руч. Случайный). С метасоматически изменёнными, березитизированными дайками нера-бохапчинского комплекса парагенетически связана золоторудная минерализация месторождения Шахтное и других проявлений Урьинского рудного поля. Как правило, первичный состав даек устанавливается по реликтовым структурам, а сами дайки почти нацело сложены вторичными минералами (кварц, альбит, серицит, карбонат, реже хлорит). Дайки имеют северо-западное, реже субмеридиональное и близширотное простирание, выполняют субвертикальные трещины в тектонически ослабленных зонах.

В Чай-Юрьинский рудный узел входят рудные поля Юное, Фролычское, Мяунджинское, исследуемое Урьинское рудное поле, а также прогнозируемые – Малютка, Бабай, Пльвун-Глубокий. Гидротермальные рудоносные образования представлены маломощными кварцевыми жилами и зонами кварцевого прожилкования либо изменёнными и минерализованными дайками диоритов, диоритовых порфиритов, сопровождаемых зонами

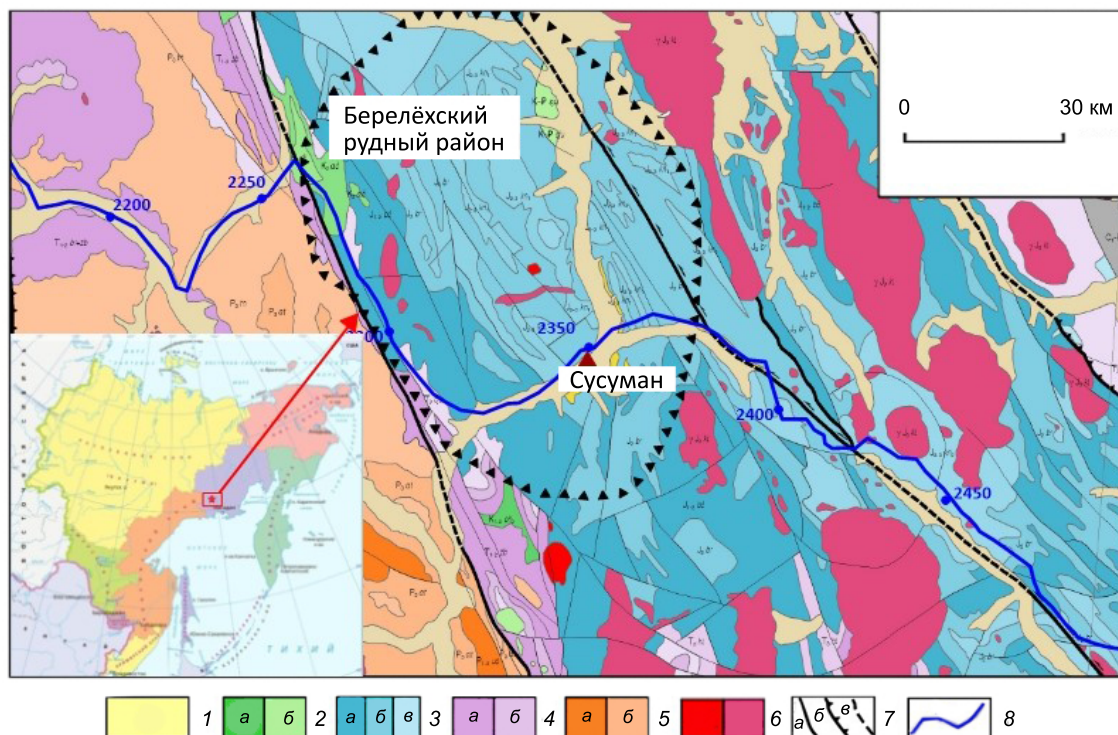


Рис. 1. Обзорная геологическая схема района исследований:

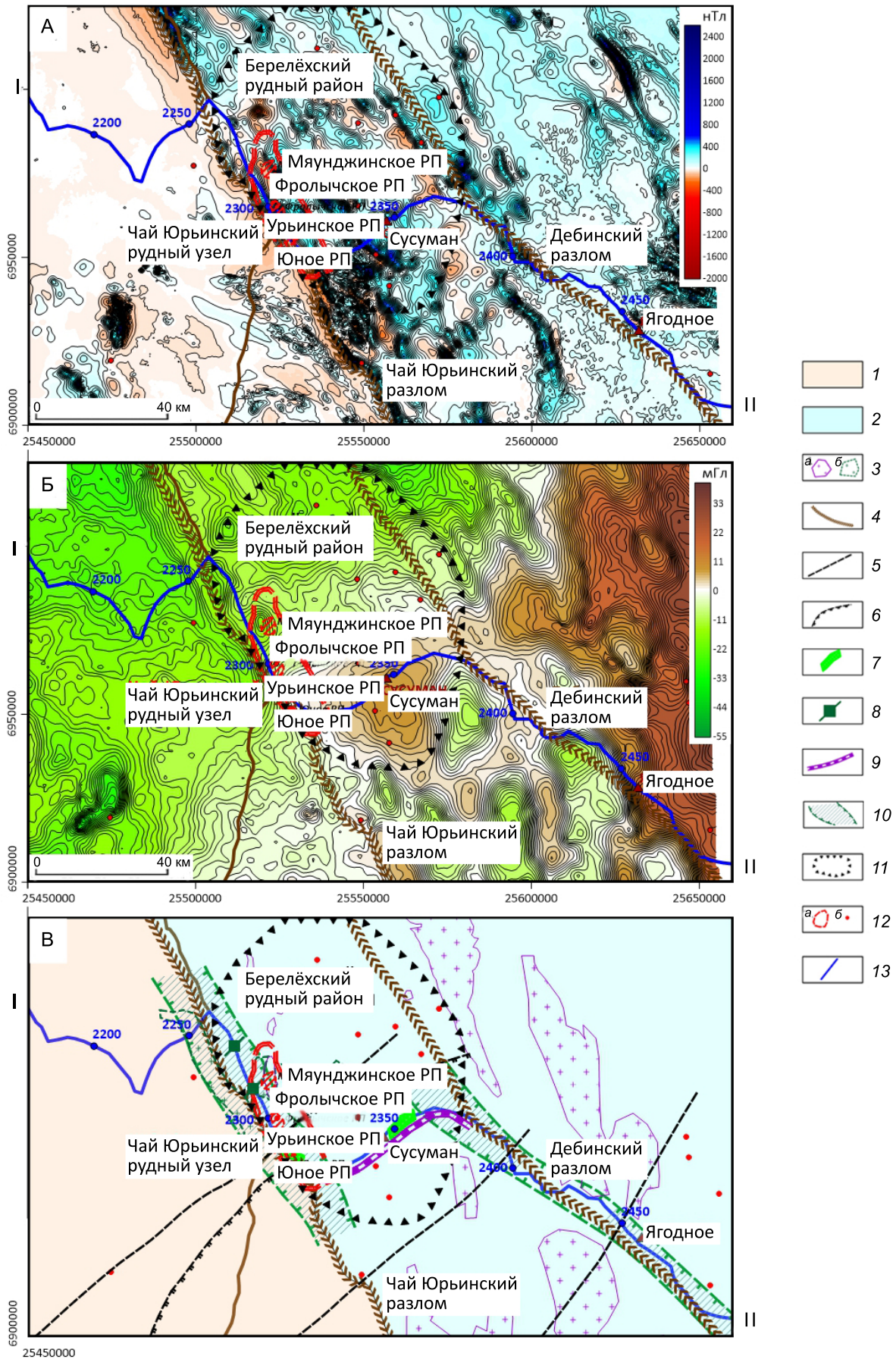
1 – голоцен–плейстоцен (Q): аллювиальные и техногенные галечники, пески, щебни; 2–5 – отложения: 2 – меловые (алевролиты, аргиллиты, песчаники): а – K_{1-2} , б – K_2 , 3 – юрские алевролиты, аргиллиты, песчаники, глинистые сланцы: а – J_{1-2} , б – J_2 , в – J_{2-3} , 4 – триасовые (песчаные алевролиты, аргиллиты, глинистые песчаники): а – T_{1-2} , б – T_3 , 5 – пермские (песчаные алевролиты, песчаники, гравелиты): а – P_{1-2} , б – P_3 ; б – Басугунынский и Тас-Кыстабытский диорит-гранит-гранодиоритовые комплексы; 7 – разрывные нарушения: а, б – установленные в том числе надвиги (б), в – предполагаемые; 8 – опорный геофизический профиль 3-ДВ

смятия и дробления. Все известные в пределах рудного узла золоторудные месторождения и проявления относятся к малосульфидной золото кварцевой формации и связаны с гидротермальной деятельностью, сопровождавшей тектоногенез и магматизм позднеюрского–раннемелового возраста.

Урьинское рудное поле включает в себя рудопроявления Нижний и Верхний Власыч, Присковый и месторождение Шахтное. Вмещающие породы интенсивно преобразованы широко развитыми метаморфическими и метасоматическими процессами. Породы регионально-метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации (хлорит-серицитовая, стильпномелановая субфации), все последующие метаморфические изменения являются более поздними. Регионально-плутонические преобразования пород контролируются зонами Чай-Юрьинского разлома и сопровождаются кальцие-

во-железисто-магнезиальным метасоматозом, где минералами-индикаторами являются ильменит, кордиерит (или андалузит). Контактный метаморфизм, обусловленный внедрением интрузивных массивов, выделяется полями ороговикованных пород, которые фиксируют нескрытые интрузии. Динамометаморфические преобразования, интенсивно проявленные в зонах стрессового воздействия, имеют площадное развитие. В породах частично утрачивается первичная осадочная структура, отмечается перераспределение углеродистого вещества, миграция его в плоскости сланцеватости и переотложение совместно с гидрослюдами, серицитом, биотитом (стильпномеланом).

Месторождение Шахтное на рассматриваемой площади является наиболее представительным золоторудным объектом дайкового типа. Рудоносными зонами служат субпараллельно расположенные



дайки диорит-порфиристов, пересекающиеся мощной тектонической зоной. Общее простирание даек северо-западное, близкое, совпадающее с простиранием осадочных пород. Дайки метасоматически преобразованы от слабо- до полнопроявленных березитов, обогащены жилами и прожилками кварцевого, альбит-кварцевого, карбонат-кварцевого состава и импрегнированы сульфидами. Основные рудные минералы на месторождении – пирит и арсенопирит. Наименее распространены галенит, халькопирит, пирротин и марказит. Количество сульфидов варьирует от единичных знаков до 8 % (при среднем показателе 4 %). Золото встречается как в свободном состоянии, так и в виде тонкой вкрапленности в сульфидах, распределено крайне неравномерно и напрямую зависит от содержания кварцево-жильной минерализации. Вмещающие породы представлены березитизированными аргиллитами и углистыми аргиллитами с редкими прослоями алевролитов и песчаников [4].

Геофизические исследования и их интерпретация. Анализ различных трансформаций магнитного (МП), гравитационного (ГП) масштаба 1 : 200 000, сейсмического и геоэлектрического масштаба 1 : 1 000 000 полей на исследуемой территории позволяет сформулировать основные глубинные прогнозные критерии рудоносных площадей.

Основные региональные критерии на примере Берелёхского рудного района (рисунки 2, 3, 4):

1. Ключевым тектоническим элементом является Чай-Юрьинский разлом глубинного заложения, сопровождающийся участками интенсивного смятия и дробления. Он уверенно идентифицируется зонами значительных градиентов магнитного и гравитационного полей, отчётливо прослеживается линиями нарушения корреляции и сменой характера поля эксцесса и асимметрии магнитного поля. Статистические характеристики магнитного поля – дисперсия, асимметрия и экс-

цесс – определяют зону (полосу) влияния Чай-Юрьинского разлома. Данный критерий прогноза золоторуденения можно отнести как к формированию рудного района, так и рудных узлов, примыкающих к разлому.

2. Кольцевая региональная зона градиента гравитационного поля, обусловленная областью повышенной проницаемости земной коры, соответствует глубинным разломам коромантийного заложения и разделяет в пределах средней–верхней коры блоки различных (предположительно мафического и сиалического) составов. Зона подчёркивается линейными и дугообразными локальными аномалиями повышенной дисперсии и эксцесса ГП, уверенно прослеживается на плане региональной составляющей ГП, что указывает на глубинный и «глобальный» характер контакта различных по составу блоков.

3. Следующим критерием являются разрывы сплошности поверхности границы Мохо или мантийные «окна» и увязываемые с ними вертикальные мантийные осложнения, интерпретируемые как участки транзита мантийных магм в земную кору.

4. Зоны мантийных разломов, выделяемые в разрезах по сейсмическим данным между погружениями и поднятиями границы Мохо, интерпретируются как возможные пути флюидных потоков в земную кору.

5. Ареалы деструкции земной коры, фиксирующиеся на сейсмическом разрезе областью повышенной однородности волнового поля, обусловлены проработкой коры мантийными магмами.

6. Электропроводящие зоны, определённые по геоэлектрическим данным, уходящие в мантию, соответствуют крупным разломам, которые в период тектонической активности служили каналами для транзита мантийных расплавов, флюидов и рудных компонентов из верхнемантийного

Рис. 2. Планы изолиний магнитного (А) и гравитационного (Б) полей масштаба 1 : 200 000, схема региональных критериев прогноза золоторудных месторождений (В):

1–2 – блоки: 1 – Аян-Юряхский и 2 – Иньяли-Дебинский; 3 – гранитоиды: а – выходящие на поверхность, б – не вскрытые эрозией; 4 – разломы глубинного заложения (Чай-Юрьинский и Дебинский); 5 – разрывные нарушения северо-восточного простирания; 6 – граница региональной проницаемости земной коры (12–15 км); 7–9 – проекции на линию профиля: 7 – областей разрыва поверхности Мохо (по данным сейсморазведки), 8 – границ ступеней (поднятий, погружений) поверхности Мохо (по данным сейсморазведки), 9 – области значительной проработки (повышенной изотропности) земной коры на всю её мощность (по данным сейсморазведки); 10 – зоны Чай-Юрьинского и Дебинского разломов (по геоэлектрическим данным); 11 – Берелёхский рудный район; 12 – Чай-Юрьинский рудный узел (а), золоторудные месторождения и рудопроявления (б); 13 – геофизический профиль 3 ДВ

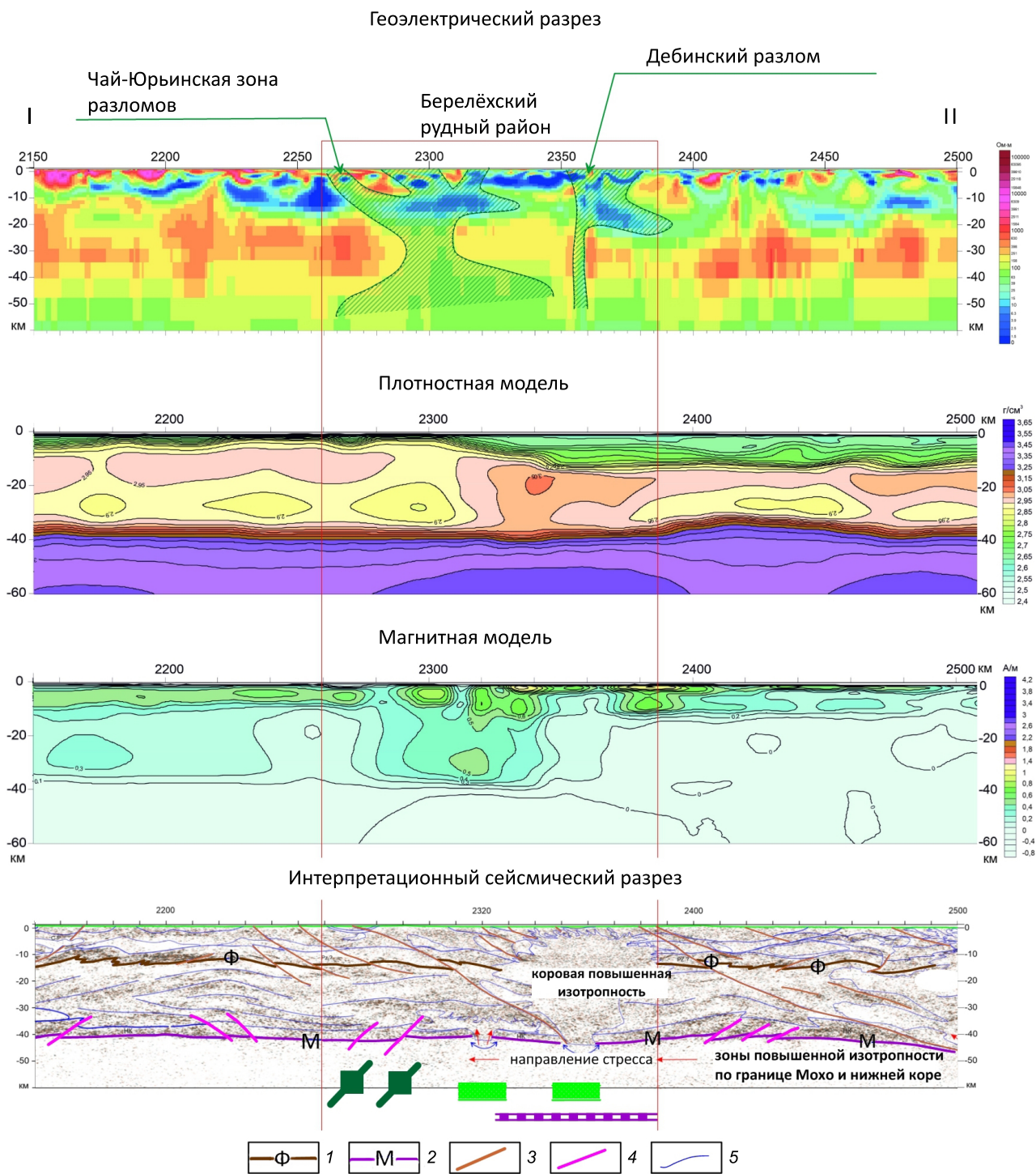


Рис. 3. Геофизические разрезы по фрагменту профиля 3 ДВ, масштаб 1 : 1 000 000 [6]:

1 – поверхность фундамента (граница Ф); 2 – поверхность верхней мантии (граница М); 3–4 – разломы: 3 – коровые, 4 – мантийные; 5 – прочие границы; остальные услов. обозн. см. к рис. 2

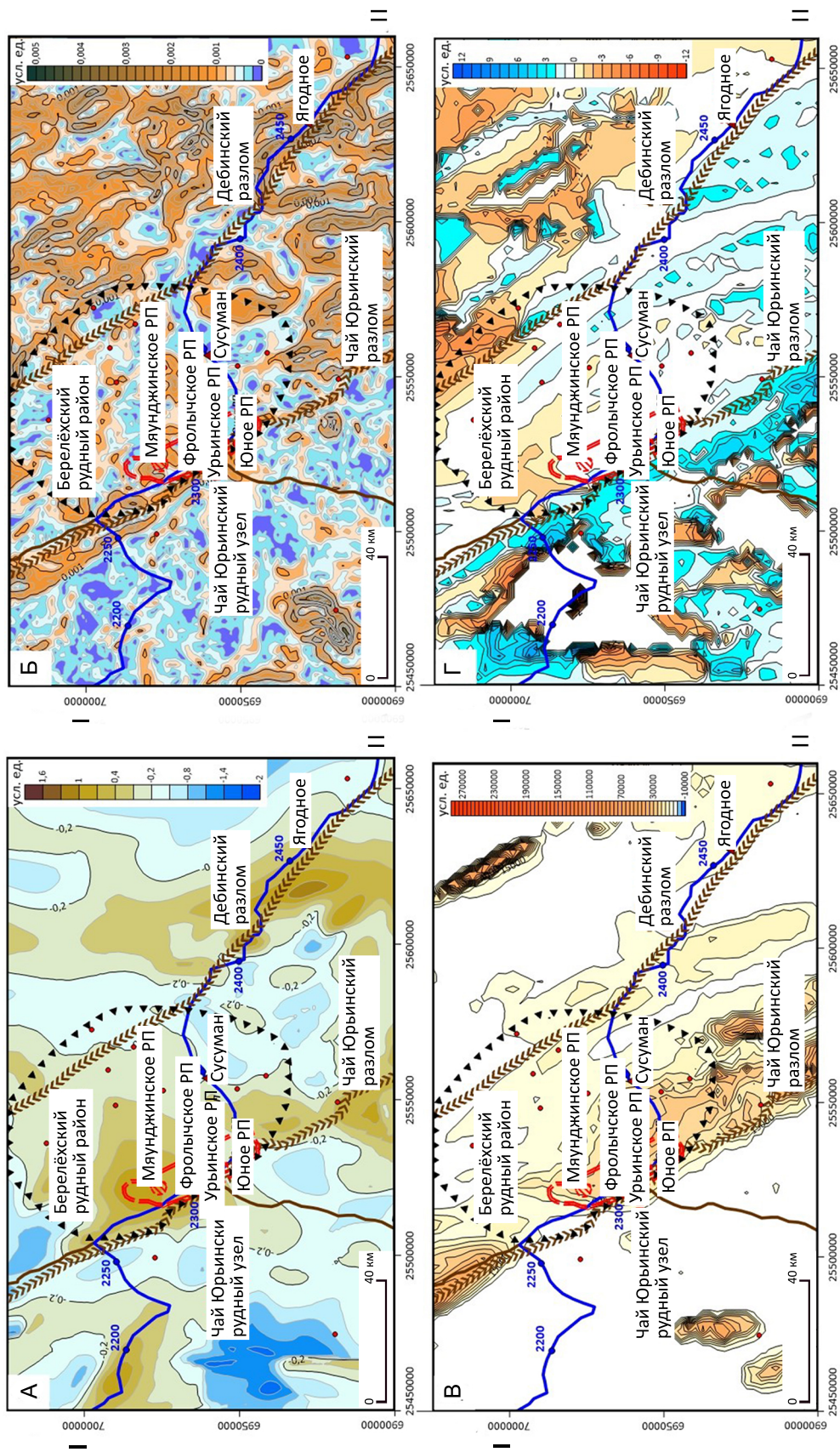


Рис. 4. Планы изолиний асимметрии (А) и градиента (Б) гравитационного поля, дисперсии (В) и асимметрии (Г) магнитного поля:

I–II – геофизический профиль 3 ДВ; остальные услов. обозн. см. к рис. 2

пространства. Транскоровые разломы трактуются как источники переноса мантийных магм в земную кору. Выделяемые зоны являются в том числе глубинным проявлением Чай-Юрьинского разлома.

7. В трансформантах гравитационного поля рудный район отображается положительными аномалиями асимметрии (0,2–0,8 усл. ед.) и областями минимальных значений градиента (менее 0,0004 усл. ед.). В трансформантах магнитного поля территория характеризуется повышенными значениями дисперсии (5000–20 000 усл. ед.) и нулевым значением асимметрии (см. рис. 4).

Значительная часть указанных критериев (см. пункты 2–4, 6) согласуется с ранее проведенными исследованиями [2]. Кроме того, отмечается, что каждый рудный район имеет свои уникальные критерии глубинного прогноза перспективных территорий. Однако существуют и основные универсальные критерии, которые характерны не только для Берелёхского (см. пункты 1–5), но и, например, для соседнего Среднекано-Штурмовского рудного района, где роль Чай-Юрьинского разлома играет Дебинский глубинный разлом.

Установленные критерии на примере Чай-Юрьинского рудного узла (рис. 5):

1. Наиболее перспективными на обнаружение золоторудной минерализации могут являться над-апикальные зоны нескрытых эрозией гранитных массивов, отражающиеся отрицательными локальными аномалиями силы тяжести.

2. Зоны пирротинизации терригенных пород, а также малые и средние интрузивные тела, фиксируемые линейными положительными аномалиями магнитного поля, служат благоприятной вмещающей средой для формирования золото кварцевого оруденения.

3. Наличие в разрезе на глубинах 10–20 км крупных очагов повышенной проводимости (литосферный проводящий слой), сопровождающихся проводящими геоэлектрическими каналами вплоть до земной поверхности. Существует некая единая система тепломассопереноса, которая представляется в геоэлектрическом разрезе в виде взаимосвязанной структуры: верхнемантийный проводящий слой – коровый проводящий слой – субвертикальные проводящие зоны. В рамках этой системы имеются механизмы формирования условий, способствующие образованию геологической среды, перспективной для концентрации рудной минерализации.

4. Узлы пересечения Чай-Юрьинского разлома и сопровождающих его субпараллельных разло-

мов северо-западного простирания с поперечными северо-восточными и субмеридиональными разрывами, фиксирующиеся линиями нарушения корреляции аномалий магнитного, гравитационного полей и их трансформантов. Именно к узлам пересечения приурочены все известные (Мяунджинское, Фролычское, Урьинское, Юное) и прогнозируемые (Малютка, Бабай, Плывун-Глубокий) рудные поля.

5. Большая часть крупных и средних месторождений золота приурочена к обширным слабоградиентным и положительным аномалиям гравитационного поля. Эти аномалии соответствуют блокам терригенных пород, локализованным в краевых частях гранитных массивов или на некотором удалении от них. Повышенная плотность этих блоков, создающая благоприятные условия для формирования рудных тел золото-кварцевой и золотосульфидно-кварцевой формаций, связана с базификацией горных пород.

Следует отметить, что ряд из указанных критериев характерен и для иных рудных узлов, расположенных как в пределах Иньяли-Дебинской (Ат-Уряхский, Штурмовской, Оротуканский), так и Аян-Юряхской рудных зон (Тенькинский, Пионерский, Дегдеканский и др.) Яно-Колымского металлогенического пояса. Это прежде всего наличие рудогенерирующих глубинных разломов корового заложения северо-западного простирания, которые фиксируются зоной проводимости, и узлы их пересечения с северо-восточными разрывами.

Локальные критерии на уровне рудного поля Урьинское (рис. 6):

1. Рудное поле локализовано в зоне пересечения глубинного Чай-Юрьинского разлома северо-западного простирания, с поперечным скрытым разрывным нарушением северо-восточного простирания и приурочено к экзоконтактовой части нескрытого интрузивного тела, обогащённой потенциально рудолокализуемыми дайковыми телами, проявляющимися локальными низкоамплитудными положительными аномалиями магнитного (масштаб 1 : 10 000) поля (интенсивностью от 2 до 30 нТл).

2. Площадь Урьинского рудного поля характеризуется зональным строением (см. рис. 5). В северо-западной части прогнозируются нескрытые малые интрузивные тела рудогенерирующего нерабохалчинского комплекса, определяемые по локальным выходам диорит-порфиритовых даек и ореолу ороговикования (биотит, зачаточная форма

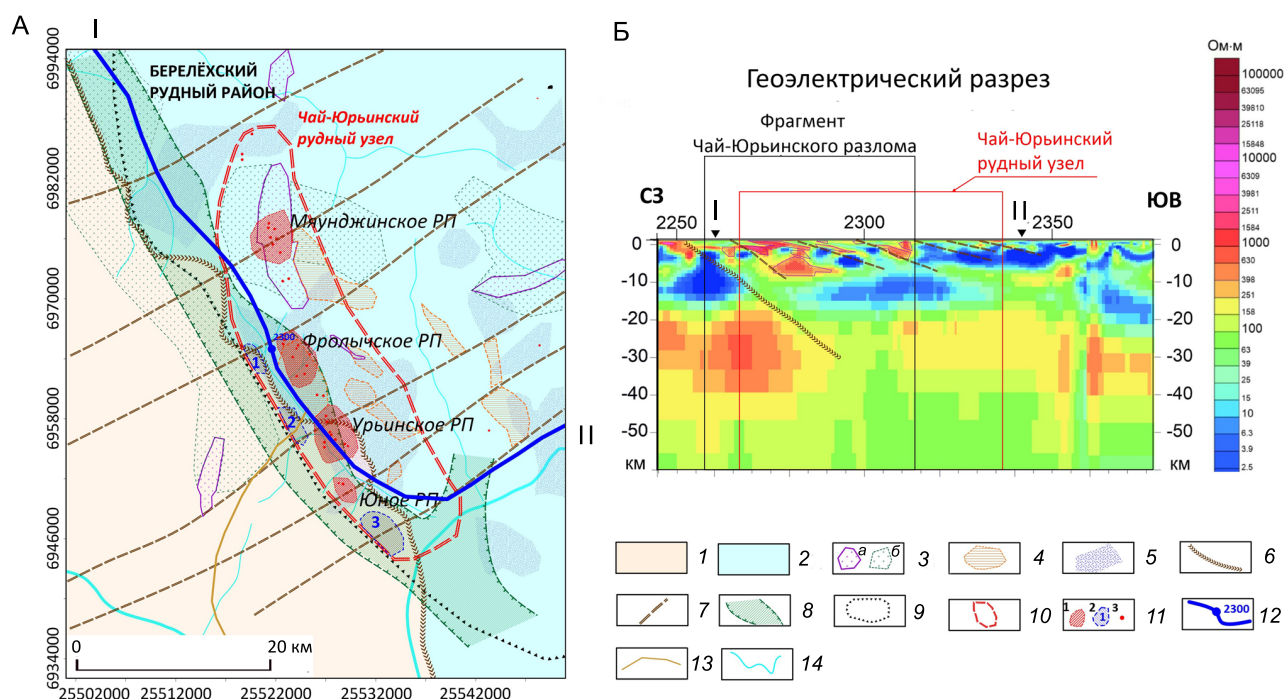


Рис. 5. Схема интерпретации геофизических данных (А) и геоэлектрический разрез по профилю 3 ДВ (Б):

1–2 – блоки: 1 – Аян-Юряхский и 2 – Иньяли-Дебинский; 3 – гранитоиды: а – выходящие на поверхность, б – не вскрытые эрозией; 4–5 – зоны: 4 – трещиноватости и рассланцевания, насыщенные пирротиновой минерализацией, 5 – базификации терригенных пород; 6 – Чай-Юрьинский глубинный разлом; 7 – разрывные нарушения северо-восточного простирания; 8 – мощные разломы коромантийного заложения; 9 – Берелёхский рудный район; 10 – Чай-Юрьинский рудный узел; 11 – рудные поля (1), прогнозируемые золоторудные поля (2), золоторудные месторождения и рудопроявления (3); 12 – геофизический профиль 3 ДВ; 13 – федеральная автомобильная дорога Р-504 «Колыма»; 14 – реки Аян-Юрях, Берелёх

кордиерита). Они определяются областью положительного магнитного поля напряжённостью от 40 до 1300 нТл и ареалом значений дисперсии аномального магнитного поля свыше 10 000 усл. ед.

В юго-восточной части расположена экзоконтактовая зона, сложенная дислокационно-метаморфизованными милонитизированными березитами, интенсивно рассланцованными метасоматически изменёнными кварцевыми диорит-порфиридами и тектонитами. Развитие березитов контролируется системой кварцевых прожилков и жил с рудной минерализацией [7]. Данная область характеризуется отрицательным магнитным полем напряжённостью от -5 до -200 нТл и значениями дисперсии аномального магнитного поля в диапазоне от 100 до 10 000 усл. ед. Основные рудные

объекты (в том числе месторождение Шахтное) расположены здесь же в пределах участков развития динамометаморфизованных березитов с наложенной сульфидно-жильной минерализацией. По мере удаления от интрузивного тела на юго-восток наблюдается затухание процессов милонитизации и катаклаза. Эти участки отличаются отрицательными значениями магнитного поля в широком диапазоне от 0 до -200 нТл и дисперсией аномального магнитного поля в диапазоне от 10 до 100 усл. ед.

Критерии, ограниченные на уровне месторождения (рис. 7).

1. Рудоносные зоны – березитизированные дайки приурочены к зонам градиента удельного электрического сопротивления и вызванной поляризации, полученным в процессе работ методом электро-

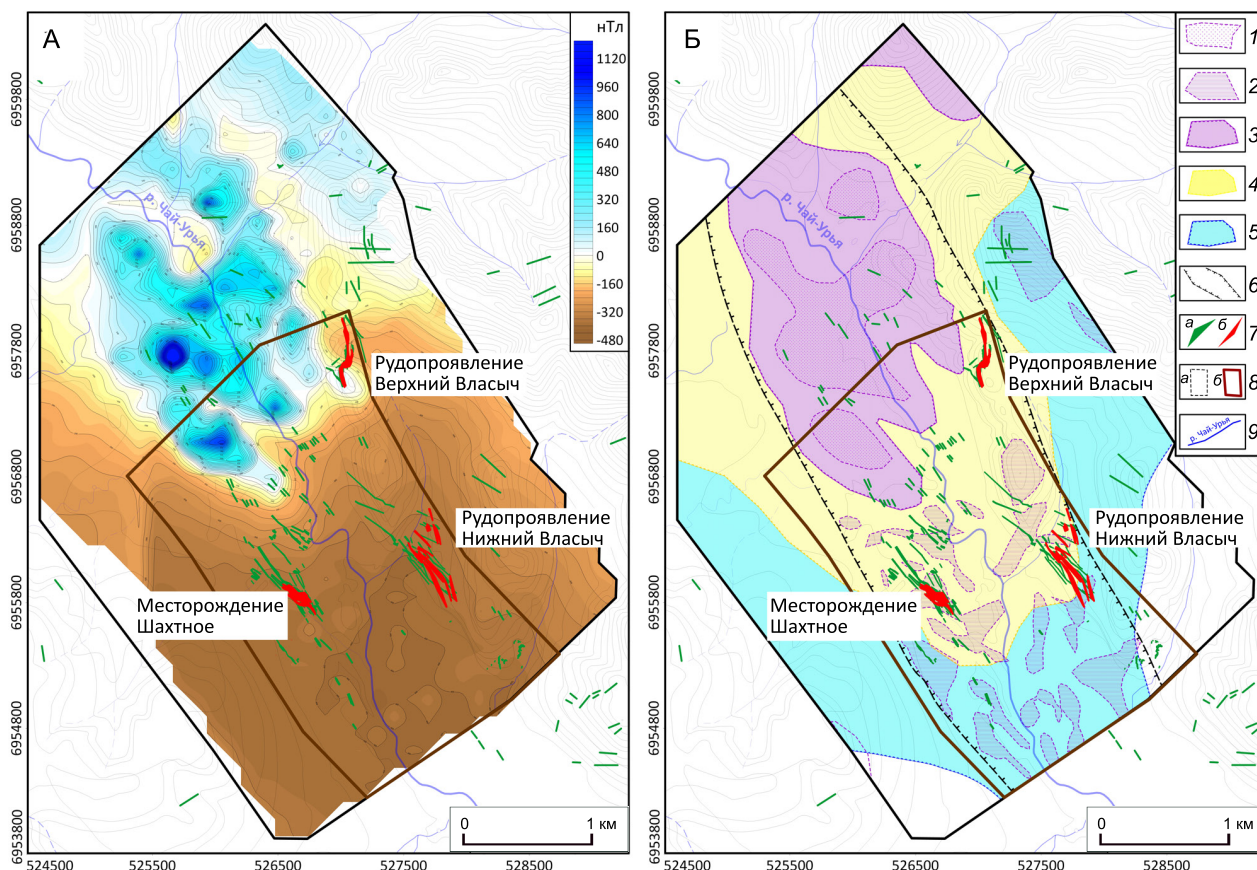


Рис. 6. План изолиний аномального магнитного поля масштаба 1 : 10 000 (А), схема интерпретации магниторазведочных данных (Б) территории Урьинского рудного поля:

1 – малые дайкообразные интрузивные тела, не вскрытые эрозией; 2 – дайки среднего состава, частично вскрытые эрозией; 3–5 – ореол: 3 – ороговикованных пород, 4 – дислокационно-метаморфизованных милонитизированных березитизированных пород, 5 – неизменённых пород; 6 – зона Чай-Юрьинского глубинного разлома; 7 – рудоносные дайки (а) и зоны прожилково-жильного окварцевания (б); 8 – площади магниторазведочных масштаба 1 : 10 000 (Урьинское рудное поле) работ (А) и детальных электроразведочных масштаба 1 : 5000 (месторождение Шахтное) исследований (Б); 9 – реки

профилирования срединного градиента (СГ-ВП) в масштабе 1 : 5000 (см. рис. 6 А, Б).

2. Рои рудоносных даек уверенно фиксируются аномалиями трансформант параметра УЭС – эксцесса, асимметрии и регрессии.

3. По параметрам УЭС и ВП рудоносные зоны отличаются определённым составом классов, что указывает на их значительные отличия петрофизических свойств относительно окружающей геологической среды (см. таблицу).

Рудоконтролирующие структуры (классы 6–11) характеризуются аномально высокими значениями среднего удельного сопротивления и его дисперсии по сравнению с вмещающими породами

(классы 1–5). Данные вызванной поляризации в целом подтверждают эту тенденцию, демонстрируя относительно повышенные значения параметра и его вариативности в пределах этих структур. Наблюдаемые геофизические аномалии являются следствием интенсивных гидротермально-метасоматических процессов, обусловленных сочетанием локального магматогенного и регионального динамометаморфического воздействия.

Также указанные факты можно аргументировать наличием литологических и магматических факторов, благоприятных для формирования оруденения. Литологический контроль выражается в приуроченности золотого оруденения к кварцевым

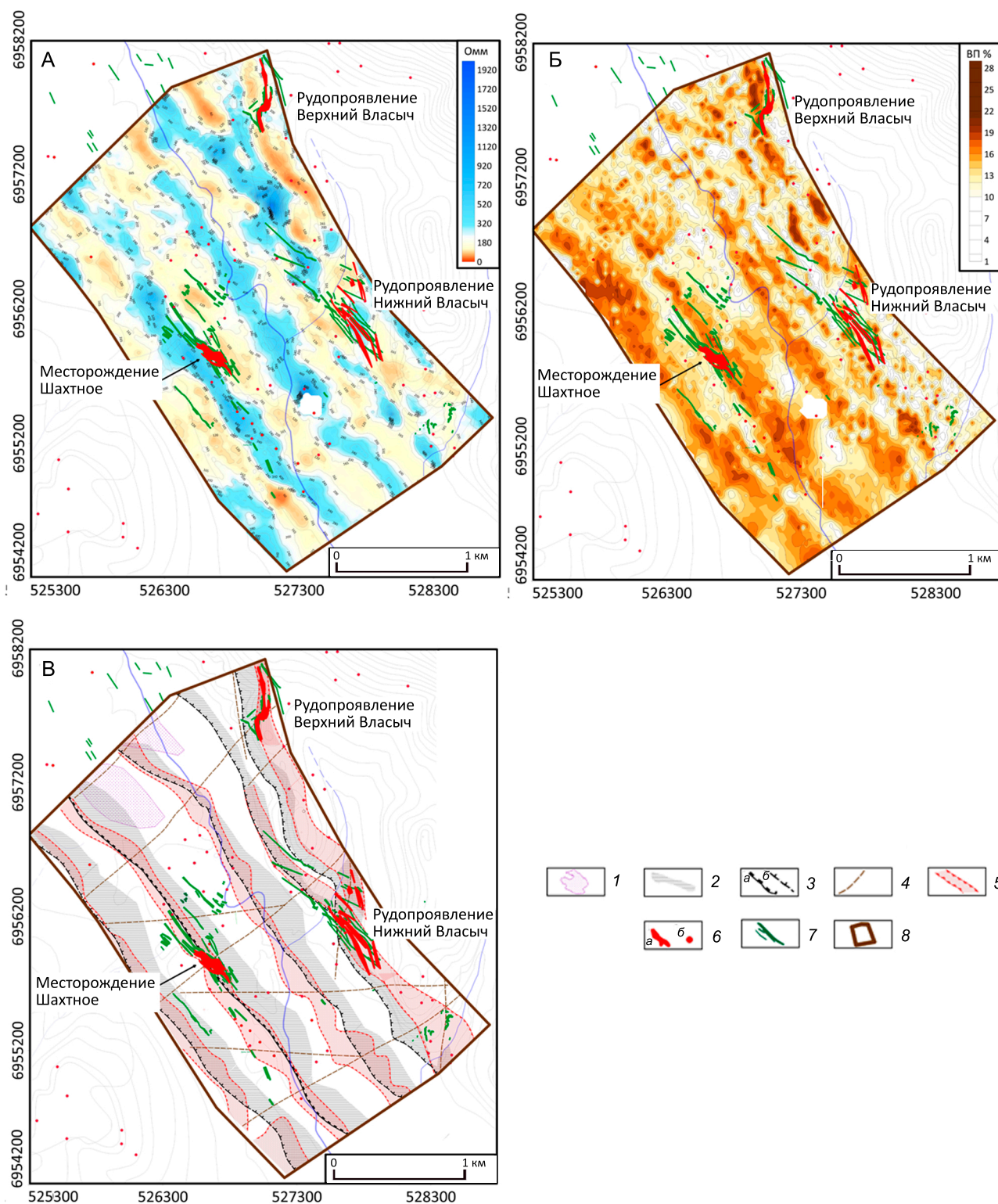


Рис. 7. Планы изолиний удельного сопротивления (А), вызванной поляризации (Б) и схема интерпретации геофизических данных (В). Исследования СГ-ВП проведены в масштабе 1 : 5000:

1 – малые интрузивные тела с ореолом контактово-изменённых пород, локальные высокоинтенсивные (до 700 нТл) аномалии магнитного поля; 2 – толщи (слои, пачки) углеродистых сланцев, зоны смятия, дробления, линейные локальные аномалии ВП и низкого УЭС; 3 – элементы разрывной тектоники, связанные с зоной Чай-Юрьинского разлома, основной шов (а) и его оперяющие разломы второго порядка (б); 4 – прочие разрывные нарушения; 5 – потенциально рудоносные зоны; 6 – зоны рудной прожилково-жильной минерализации в дайках (а), точки рудной минерализации (б); 7 – дайки; 8 – контур работ методом электропрофилирования (масштаб 1 : 5000)

Таблица. Классы средних значений удельного электрического сопротивления (УЭС) и вызванной поляризации (ВП)

Классы	Характеристика	Среднее УЭС (Ом·м)	Средние вариации УЭС	Среднее ВП (%)	Средние вариации ВП
1–5	Вмещающие горные породы	109	31	10,2	0,87
6–11	Рудолокализирующие структуры	352	63	10,8	1,44

прожилково-жилным зонам, локализованным преимущественно в дайках. Наиболее богатым является оруденение с содержанием кварцевого материала более 10 % и с включением сульфидной минерализации (2–5 %). При неоднократных тектонических процессах тела даек преобразуются и становятся более проницаемыми для гидротермальных растворов относительно вмещающих алевроглинистых пород, что создаёт благоприятные условия для интенсивного рудоотложения, проявляющегося в окварцевании и сульфидизации [6].

Магматический контроль заключается в том, что интрузивные тела (штоки и крутопадающие дайки), обладая большей хрупкостью по сравнению с вмещающими породами, функционируют как основные рудоподводящие каналы. В соответствии с исследованиями Ю. А. Билибина дайковые породы, как более компетентные в песчано-сланцевой толще, являются природными коллекторами для значительной части золотой минерализации Центральной Колымы [1].

Заключение. На основе анализа и обработки геофизических данных, включая архивные, опубликованные и собственные материалы, авторами на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района разработана иерархическая система геолого-геофизических критериев для прогнозирования золоторудных месторождений на разных уровнях: рудный район, рудный узел, рудное поле и месторождение. Установленные ключевые критерии применимы к большинству перспективных площадей Центрально-Колымского региона и выявляемы геофизическими методами.

Выделены ключевые критерии, применимые к большинству перспективных площадей региона и выявляемые геофизическими методами.

Для рудного района – это глубинные разломы, достигающие мантии, разрывы в поверхности Мохо (мантийные «окна») и, как следствие, нарушение целостности земной коры.

Для рудного узла – рудогенерирующий разлом в пределах коры, зоны базификации в средней и верхней коре, а также зоны пирротинизации в верхней части разреза.

Для рудного поля – зоны пересечения рудогенерирующего разлома с поперечными разломами меньшего масштаба, расположенные вблизи контактов интрузий или над ними и насыщенные дайками, потенциально контролирующими рудолокализацию.

Месторождение, представленное рудоносными дайками, отличается резкими изменениями физических свойств.

Совокупность ряда глубинных (транскоровые разломы, мантийные окна, ареалы деструкции земной коры) и локальных (экзоконтактовые и над-апикальные зоны, в том числе нескрытых эрозией гранитных массивов, узлы пересечения северо-западных рудогенерирующих и северо-восточных рудоконтролирующих разломов) критериев присуща рудоносным площадям с весьма крупными запасами золота. Диагностика и выявление указанных критериев на других перспективных площадях могут найти успешное применение при прогнозировании золото-кварцевого оруденения дайкового морфологического типа. Серии сближенных даек, создающие рудонесущие зоны, уверенно отображаются аномалиями УЭС и ВП, подчёркивая границы распространения рудных тел месторождения.

В пределах исследуемой территории добыто около 300 тонн исключительно россыпного золота, что указывает на достаточно высокий потенциал источника рудного золота. Наличие уникальных объёмов добытого россыпного золота возводит выявленные признаки в ранг необходимых (благоприятных) для прочих площадей.

Авторы выражают благодарность руководству ООО «Золотодобывающая Корпорация» за возможность проведения полевых работ на исследуемой площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю. А. Избранные труды: в 4-х томах. Т. 3. – М. : Издательство АН СССР, 1961. – 518 с.
2. Гайдай Н. К., Хасанов И. М., Горячев Н. А., Гошко Е. Ю. Структурные особенности глубинного строения Юго-Востока Яно-Колымского орогенного пояса (по результатам комплексных геофизических данных) // Геодинамика и тектонофизика. – 2020. – 11 (4). – С. 697–709. – DOI: 10.5800/GT-2020-11-4-0501.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России : в 2-х книгах. Кн. 1 / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – 572 с.
4. Михалицына Т. И., Фомина М. И. Петрографический и минерографический составы пород и руд Урьинского рудного поля (Берелёхский рудный район, Северо-Восток России) // Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». – 2025. – № 1. – С. 23–42. – DOI : <https://doi.org/10.25587/2587-8751-2025-1-23-42>.
5. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М. : Недра, 2011. – 112 с.
6. Хасанов И. М., Михалицына Т. И., Макарова Д. В. Особенности проявления рудных систем в геофизических полях в зоне влияния Чай-Юрьинского глубинного разлома (Центрально-Колымский регион) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2025. – № 2. – С. 3–18.
7. Хасанов И. М., Михалицына Т. И., Муравьев Л. А., Макарова Д. В. Использование методологии трансформации геофизических полей при изучении рудных систем дайкового типа в зоне влияния Чай-Юрьинского глубинного разлома // Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». – 2024. – № 2 (34). – С. 25–34.

REFERENCES

1. Bilibin Yu. A. Izbrannyye trudy: v 4-kh tomakh. T. 3 [Selected Works: in 4 volumes. Vol. 3], Moscow, AN SSSR publ., 1961, 518 p. (In Russ.)
2. Gayday N. K., Khasanov I. M., Goryachev N. A., Goshko Ye. Yu. Strukturnyye osobennosti glubinnogo stroyeniya Yugo-Vostoka Yano-Kolymnskogo orogenogo poyasa (po rezultatam kompleksnykh geofizicheskikh dannykh) [Structural features of the deep structure of the southeast of the Yana-Kolyma orogenic belt (based on the results of complex geophysical data)], Geodinamika i tektonofizika, 2020, 11 (4), pp. 697–709, DOI: 10.5800/GT-2020-11-4-0501. (In Russ.)
3. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii: v 2-kh knigakh. Kn. 1 [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia: in 2 books. Book 1], ed. A. I. Khanchuk, Vladivostok, Dalnauka publ., 2006, 572 p. (In Russ.)
4. Mikhailitsyna T. I., Fomina M. I. Petrograficheskiy i minerograficheskiy sostavy porod i rud Urinskogo rudnogo polya (Berelokhskiy rudnyy rayon, Severo-Vostok Rossii) [Petrographic and minerographic compositions of rocks and ores of the Urinsky ore field (Berelyokhsky ore region, North-East of Russia)], Vestnik SVFU. Seriya "Nauki o Zemle", 2025, No. 1, pp. 23–42, DOI: <https://doi.org/10.25587/2587-8751-2025-1-23-42>. (In Russ.)
5. Nikitin A. A. Teoreticheskiye osnovy obrabotki geofizicheskoy informatsii [Theoretical foundations of processing geophysical information], Moscow, Nedra publ., 2011, 112 p. (In Russ.)
6. Khasanov I. M., Mikhailitsyna T. I., Makarova D. V. Osobennosti proyavleniya rudnykh sistem v geofizicheskikh polyakh v zone vliyaniya Chay-Yurinskogo glubinnogo razloma (Tsentralno-Kolymskiy region) [Features of the manifestation of ore systems in geophysical fields in the influence zone of the Chai-Yuryinsky deep fault (Central Kolyma region)], Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN, 2025, No. 2, pp. 3–18. (In Russ.)
7. Khasanov I. M., Mikhailitsyna T. I., Muravyev L. A., Makarova D. V. Ispolzovaniye metodologii transformatsii geofizicheskikh poley pri izuchenii rudnykh sistem daykovogo tipa v zone vliyaniya Chay-Yurinskogo glubinnogo razloma [Use of the methodology of transformation of geophysical fields in the study of ore systems of the dike type in the influence zone of the Chai-Yuryinsky deep fault], Vestnik SVFU. Seriya "Nauki o Zemle", 2024, No. 2 (34), pp. 25–34. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 28.07.25; одобрена после рецензирования 17.12.25; принята к публикации 17.12.25.
The article was submitted 28.07.25; approved after reviewing 17.12.25; accepted for publication 17.12.25