

Прогнозно-поисковая модель золотого оруденения в пределах мезозойских впадин в Центрально-Алданском рудно-россыпном районе (на примере Верхне-Якокутского рудного поля)

Mineral potential modelling for gold mineralization within the Mesozoic depressions in the Central Aldan ore-placer region (on the example of the Upper Yakokut ore field)

Столяренко В. В., Минаков А. В., Рябошапка А. Г., Минаева С. В., Алфёрова В. А.

Stolyarenko V. V., Minakov A. V., Ryaboshapko A. G., Minaeva S. V., Alferova V. A.

Рассмотрены закономерности формирования и размещения золоторудных проявлений различных морфологических типов в терригенной толще Верхне-Якокутской грабен-впадины. Охарактеризованы зоны рудовмещающих дислокаций с повышенной проницаемостью, ограниченные в пределах рудного поля региональными разломами. Подобные зоны с каркасно-блоковым строением, фиксирующие узлы сопряжения региональных структур, благоприятны для их многократного подновления и отвечают наиболее перспективным поисковым участкам. У самородного золота из руд и околорудных метасоматитов большой разброс пробности, поэтому можно предположить неоднократное подновление золоторудных зон от средней юры до раннего мела. Отмечена связь ряда соподчинённых структур: зон рудовмещающих дислокаций – структур поисковых участков – рудных тел различной морфологии.

In this work, we described the patterns of formation and distribution of gold occurrences of various morphological types in the terrigenous sequence of the Upper Yakokutsk graben depression. We characterized the zones of ore-bearing dislocations with increased permeability within the ore region confined by regional faults. Such zones with a frame-block structure forming the nodes of conjugation of regional structures are favourable for their repeated resumption and correspond to the most prospective areas. The study of native gold from ores and surrounding metasomatites showed a large variation in its fineness, based on which we can assume that the gold ore zones were repeatedly renewed from the Middle Jurassic to the Early Cretaceous. A correlation was noted for several subordinate structures: zones of ore-bearing dislocations – structures of prospective areas – ore bodies of various morphologies.

Терригенная толща рассмотрена не только как структурообразующая среда, но и как компонент, участвующий в гидротермальном рудообразовании в связи с наличием слоёв углистых алевролитов.

The terrigenous sequence is considered not only as a structure-forming unit but also as a component involved in hydrothermal ore formation due to the presence of carbonaceous siltstones layers.

Предлагаемая модель золоторудного поля позволяет выделять в его пределах площади, отвечающие наиболее перспективным поисковым участкам.

The proposed model of the gold ore region makes it possible to allocate the most promising prospective areas.

Наличие аналогичных грабен-впадин, развитых в потенциальных рудных районах в пределах Центрально-Алданской металлогенической зоны, указывает на вероятность выявления общих закономерностей эндогенного оруденения в их пределах.

The presence of similar graben depressions developed in prospective ore regions within the Central Aldan ore district indicates the likelihood of identifying common patterns of endogenic mineralization within them.

Ключевые слова: грабен-впадина, модель, разломы, интрузии, дайки, рудные тела, золоторудная минерализация, метасоматиты, золото, минералы.

Keywords: graben depression, model, faults, intrusions, dikes, ore bodies, gold mineralization, metasomatites, gold, minerals.

Для цитирования: Столяренко В. В., Минаков А. В., Рябошапка А. Г., Минаева С. В., Алфёрова В. А. Прогнозно-поисковая модель золотого оруденения в пределах мезозойских впадин в Центрально-Алданском рудно-россыпном районе (на примере Верхне-Якокутского рудного поля). Руды и металлы. 2022. № 1. С. 44–76. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10003.

For citation: Stolyarenko V. V., Minakov A. V., Ryaboshapko A. G., Minaeva S. V., Alferova V. A. Mineral potential modelling for gold mineralization within the Mesozoic depressions in the Central Aldan ore-placer region (on the example of the Upper Yakokut ore field). Ores and metals, 2022, № 1, pp. 44–76. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10003.



Актуальность. Золотоносность рудного района (узла) и рудного поля фиксируется по сходным прямым и косвенным элементам-признакам, определяющим закономерности размещения золоторудной минерализации золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой рудных формаций, локализованных в метасоматитах как среди тектонизированных разнориентированных зон разломов в стратифицированных толщах, так и в кварцевых жилах, минерализованных телах даек и силлов, а также по наличию месторождений россыпного золота и аномалий вторичных ореолов рассеяния золота. В качестве элементов прогнозно-поисковых моделей рассматриваются: формационно-петрологические, литологические, стратиграфические, структурные, метасоматические, минералогические, морфоструктурные, геофизические и геохимические признаки, которые могут быть выявлены современными методами прогнозно-металлогенических исследований и геологоразведочных работ. Установление и оценка степени выраженности комплекса перечисленных признаков – основа для прогнозирования новых золоторудных полей.

Актуальность создания прогнозно-поисковой модели золоторудного поля в пределах грабен-впадин, выполненных терригенными отложениями юры, определяется:

- доказанной связью эндогенной золотоносности с мезозойским щелочным магматизмом, проявленным помимо крупных магматических узлов в мезозойских впадинах, в которых развиты малые интрузии и дайковые поля щелочных-субщелочных пород, являющиеся продуцентами золотого оруденения куранахского и своеобразного лебединского типов, проявленного в специфических условиях юрской терригенной толщи;

- широким развитием в грабен-впадинах неоднократно подновлявшихся региональных зон дофанерозойских разломов первого порядка, имеющих важное магмоконтролирующее значение;

- повсеместным развитием подобных грабен-впадин в выделяемых потенциальных рудных районах в пределах Центрально-Алданской металлогенической зоны. Это Верхне-Яко-

кутская и Куранахская грабен-впадины в Центрально-Алданском рудно-россыпном районе (ЦАРР), Ытымджинская в Ломамском, Гынымская в Тыркандинском районах и др.

Особенности строения Верхне-Якокутской грабен-впадины, выполненной терригенными отложениями. Рассматриваемая территория расположена в пределах ЦАРР, расположенного на севере Центрально-Алданской металлогенической зоны, которая объединяет месторождения и рудопроявления, связанные общностью происхождения, а именно мезозойской тектоно-магматической активизацией, сопровождавшейся широким проявлением субщелочного, отчасти кислого и, в единичных случаях, мафит-ультрамафитового магматизма.

Исходя из этапов геологического развития территории в пределах ЦАРР выделяются следующие типы геологических структур (структурные этажи), играющие важную роль в локализации золотого оруденения: структуры раннедокембрийского кристаллического фундамента (I структурный этаж); платформенные структуры, выполненные осадочными терригенно-карбонатными породами (II структурный этаж); интрузивно-вулканические комплексы мезозойской тектоно-магматической активизации (III структурный этаж); структуры неотектонической активизации (IV структурный этаж) (таблица).

Площадь ЦАРР, характеризующаяся широким распространением субщелочных интрузий, связана с крупной орогенной структурой первого порядка – Центрально-Алданским магматектоногеном. В качестве блоковых структур второго порядка, осложняющих Центрально-Алданский магматектоноген, на площади рудного района выделяются Верхне-Якокутская и Куранахская грабен-впадины, соответствующие одноимённым рудным полям (РП).

Геолого-структурная позиция района определяет наличие региональных зон дофанерозойских магмоконтролирующих разломов первого порядка, способствовавших внедрению и размещению рудообразующих мезозойских магматических очагов граносиенитового магматизма.

Прогнозно-поисковая модель потенциального рудного поля, локализованного в юрских терригенных отложениях (В. С. Звездов, В. В. Столяренко, 2015 г.)

Mineral potential model for prospective area located in Jurassic terrigenous sequence (V. S. Zvezdov, V. V. Stolyarenko, 2015)

Элементы модели (прямые и косвенные поисковые критерии и признаки)	Характеристика элементов прогнозно-поисковой модели (поисковых критериев и признаков)
1	2
1. Формационные 1.1. Рудоносные (рудовмещающие) осадочные формации и обстановка их становления	Двухчленный разрез осадочных пород платформенного чехла – венд-раннекембрийский карбонатный и рудовмещающий ранне-среднеюрский терригенный. На размытой поверхности кембрийских карбонатных отложений с региональным несогласием залегает толща молассовой формации терригенных пород ранней юры (юхтинская свита). Терригенная толща образована в мелководном бассейне. Триасовая кора выветривания в карстовых депрессиях по доломитам венда
1.2. Рудоносные (рудовмещающие) плутоногенные формации и обстановка их становления	Западная часть Центрально-Алданского магматического ареала известково-щелочных, субщелочных и щелочных пород от основного до кислого состава, сформированного большей частью в ходе мезозойской тектоно-магматической активизации Алданского выступа докембрийского фундамента (щита). Дайки и пластообразные интрузии лампроитов и лампрофиров среднеюрского – позднемелового возраста лейцитит-щёлочно-сиенитовой формации
1.3. Перекрывающие (а) и прорывающие (б) формации	а) неоген-четвертичные отложения, продукты коры выветривания, юрские терригенные отложения; б) дайки лейцитит-щёлочно-сиенитовой формации
1.4. Формации субстрата и рамы рудоносных плутоногенных и вулканогенных формаций	Породы молассовой формации юры, известняково-доломитовой формации венда, метаморфические комплексы архея и гранитоиды протерозоя, слагающие фундамент рудовмещающей известняково-доломитовой формации
2. Литологические и стратиграфические	Размещение золотого оруденения в стратонидных пластообразных залежах углистых алевролитов юхтинской свиты на нескольких литолого-стратиграфических уровнях молассовой формации юры совместно с пластовыми телами монцонит-сиенитовой формации. Размещение крутопадающих минерализованных зон разломов, нередко сопровождающихся оруденелыми тектоническими брекчиями, золото-сульфидно-кварцевых жил (самостоятельных и сопряжённых с рудными брекчиями), минерализованных зон в метасоматически изменённых дайках (самостоятельных и сопряжённых с пластовыми телами) преимущественно в разрезе молассовой формации юры и известняково-доломитовой формации венда и отчасти в лейцитит-щёлочно-трахитовой формации, представленной щелочными вулканогенными образованиями. Оруденение куранахского типа образует залежи пластообразной неправильной формы в карстовых депрессиях, приуроченные к стратиграфическому контакту нижнекембрийских и юрских пород
3. Структурные	Северный склон выступа архейского метаморфического фундамента (Алданского щита), осложнённый грабен-впадиной, ограниченной региональными зонами дофанерозойских разломов различного простирания. Грабен-впадина выполнена породами рудовмещающей молассовой формации юры и известняково-доломитовой формации венда с пласто- и лакколитообразными телами, а также дайками рудоносной монцонит-сиенитовой формации, контролирующимися структурами более высокого порядка



Продолжение таблицы

1	2
	<p>Рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры: прибортовые части мезозойской грабен-впадины, ограниченной сбросами; разрывные нарушения и зоны повышенной трещиноватости северо-восточного, субмеридионального и северо-западного простирания; зоны субгоризонтальных вмещающих дислокаций, частные депрессионные структуры на уровнях рудолокализации; линейные зоны катаклаза, милонитизации в породах</p>
4. Интрузивные	<p>Интрузивные тела мезозойской тектоно-магматической активизации двух возрастных этапов: средне-позднеюрский (томмотский (?)) вулканический лейцитит-щёлочно-трахитовый и позднеелигдарский гипабиссальный сиенит-порфировый комплексы); позднеюрско-раннемеловой (лебединский плутонический монзонит-сиенит-гранитовый комплекс), среднеюрско-позднемеловые интрузии щелочных лампрофиров и лампроитов (раннекуранахского комплекса), раннемеловые тингуаиты и сельвсбергиты (эльконского комплекса) и сиенит-порфиры (колтыконского комплекса). Интрузии представлены силлами, дайками и штокообразными телами</p>
5. Проявления рудной минерализации и условия их локализации	<p>Стратоидные залежи прожилково-вкрапленных первичных золото-полисульфидных и вторичных окисленных золото-лимонитовых руд в углистых алевролитах терригенной толщи. Жилы первичных золото-сульфидно-кварцевых и вторичных золото-лимонитовых окисленных руд преимущественно в терригенной толще (иногда в сопровождении рудных брекчий). Минерализованные зоны в метасоматически изменённых дайках (самостоятельных и сопряжённых с пластовыми телами). Прожилково-вкрапленные золото-пирит-кварцевые и частично окисленные золото-пирит-лимонитовые руды в минерализованных зонах разломов, часто сопровождающихся оруденелыми тектоническими брекчиями. Тела пластообразной неправильной формы, выполненные корами выветривания по первичным эпитермальным золото-пирит-кварцевым рудам с большим количеством гипергенных минералов, сформированные в карстовых депрессиях вблизи даек субщёлочного состава, фиксирующих рудоконтролирующие структуры</p>
6. Морфологические	<p>Структурно-морфологические типы золоторудных тел:</p> <ul style="list-style-type: none"> • субгоризонтальные залежи лентовидной, трубо- и пластообразной форм; • крутопадающие жилы, иногда сопровождающиеся рудными брекчиями; • линейные штокверки разной ориентировки с осевыми крутопадающими жильно-прожилковыми зонами, сопровождающиеся оруденелыми тектоническими брекчиями; • крутопадающие минерализованные зоны в метасоматически изменённых дайках; • крутопадающие минерализованные зоны разломов, часто сопровождающиеся оруденелыми тектоническими брекчиями и золотосодержащими дайками. <p>Для куранахского типа – залежи пластообразной неправильной формы мощностью 10–20 м</p>
7. Метасоматические	<p>Для пород молассовой формации, вмещающей оруденение в метасоматически изменённых дайках и пластовых интрузивах лампрофиров и лампроитов, характерно проявление метасоматитов пирит-карбонат-калишпат-кварцевого состава. Данный комплекс пород распространён относительно локально, проявлен в виде линейных прерывистых зон вдоль даек. Интенсивность изменений – от незначительной (окварцевание вмещающих песчаников, проявление карбонатных прожилков) до интенсивной (образование пирит-кварцевых тел по зонам дробления и приконтактовым частям даек, тектонических нарушений). В дайках наблюдаются серпентинизация, хлоритизация и интенсивная карбонатизация породы.</p>

Продолжение таблицы

1	2
	<p>Здесь же проявлены метасоматиты без определённой генетической привязки, важнейшими из которых являются гумбеиты. Отмечается отчётливая приуроченность их к разрывным нарушениям различных направлений с расширением границ распространённости на контакте юры-кембрия. Состав: ортоклаз, пирит, анкерит, кварц. В этой формации представлены также своеобразные кварцевые метасоматиты (джаспероиды), представляющие собой продукты перекристаллизации кремнистых образований, формирующих достаточно выдержанные горизонты в составе карбонатной толщи. Перекристаллизация происходила, вероятно, в процессе диагенеза и последующего метаморфизма, вызванного общим прогревом толщ пород в результате внедрения значительных магматических масс.</p> <p>Для куранахского типа – золотоносные, сульфидизированные кварцевые и кварц-калишпатовые метасоматиты</p>
8. Минералогические	<p>Для жильных золото-полисульфидно-кварцевых рудных тел, образованных по минерализованным зонам дробления в песчаниках и алевролитах, минералогическими признаками служат проявления минерализации, отвечающие по составу выделенным типам руд:</p> <ul style="list-style-type: none"> • первичные руды – сульфидно-калишпат-карбонатно-кварцевые метасоматиты. Среди сульфидов преобладает пирит, в меньшем количестве присутствуют галенит и сфалерит, гидроксиды железа, вторичные минералы меди, блёклые руды, магнетит, ярозит, рисовидный кварц; • гипергенные руды, образованные в зоне окисления сульфидно-калишпат-карбонат-кварцевых метасоматитов. Их состав – лимонит-карбонат-полевошпат-кварцевый, редко пирит-карбонат-кварцевый. <p>В рудах отмечаются свободное золото, гидроксиды железа (псевдоморфозы лимонита по пириту), гидроксиды марганца, вторичные минералы меди, вторичные минералы свинца, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, гематит.</p> <p>Пологозалегающие залежи в углистых алевролитах вблизи крутопадающих золоторудных зон характеризуются объёмным развитием окварцевания и сульфидизации по алевролитам, иногда с тонкими прожилками сульфидов и кварца.</p> <p>Для крутопадающих золото-полисульфидно-кварцевых жил, иногда сопровождающихся рудными брекчиями, основными минералогическими признаками служат проявления минерализации, отвечающие по составу выделенным типам руд – карбонат-пирит-кварцевому, гематит-пирит-кварцевому, пирит-кварцевому и кварц-полисульфидному.</p> <p>Для куранахского типа – руды золото-пирит-кварцевого типа, в значительной степени окисленные. Основная масса их представлена брекчиевыми и массивными разностями, перемежающимися с оруденелыми глинистыми образованиями.</p> <p>Общими поисковыми признаками служат золотоносные россыпи, шлиховые потоки рассеяния золота. Интенсивная окисленность руд Верхне-Якутской грабен-впадины определяет ведущую роль в качестве минералогических поисковых признаков таких минералов, как гётит, гидрогётит, лимонит, англезит, малахит и азурит</p>
9. Экзогенная золотоносность	<p>Многочисленные шлиховые потоки и месторождения россыпного золота (в том числе с наличием золотин с признаками ближнего сноса)</p>
10. Геохимические	<p>Рудные тела как окисленных метасоматитов, так и углистых сульфидизированных алевролитов сопровождаются первичными и вторичными ореолами свинца, серебра, меди, вольфрама. Геохимические ореолы меди также сопровождают дайки и пластовые тела лампрофиров и лампроитов.</p> <p>Геохимические аномалии золота, серебра, свинца, меди, цинка (для золото-сульфидного типа руд) и золота, серебра, мышьяка, сурьмы и ртути (для золото-пирит-кварцевых жил).</p> <p>Для куранахского типа вторичные малококонтрастные аномалии золота, мышьяка, серебра, меди и свинца свидетельствуют о наличии рудоносных карстовых депрессий</p>

Окончание таблицы

1	2
11. Геофизические	<p>Верхне-Якокутской грабен-впадине соответствует минимум гравитационного поля интенсивностью до 26 мГл. Магнитное поле большей части структуры отрицательное, средней напряжённостью -200...-300 нТл, с локальными аномалиями в основном северо-западного простирания интенсивностью до 800 нТл. Ограничивающие грабен-впадину разрывные нарушения выражаются в магнитном поле спрямлёнными участками изоаномалий и зонами градиентов поля.</p> <p>В физических полях практически не фиксируются рудные тела:</p> <ul style="list-style-type: none"> • стратойдные залежи прожилково-вкрапленных первичных золото-полисульфидных и вторичных окисленных золото-лимонитовых руд в углистых алевролитах терригенной толщ; полисульфидных и вторичных окисленных золото-лимонитовых руд в углистых алевролитах терригенной толщ; • прожилково-вкрапленные золото-пирит-кварцевые и частично окисленные золото-пирит-лимонитовые руды в минерализованных зонах разломов, сопровождающиеся оруденелыми тектоническими брекчиями. <p>Дайки лампроитов и лампрофиров выделяются по магниторазведке максимумами в магнитном поле, а также в скважинах методом каротажа магнитной восприимчивости.</p> <p>Жилы первичных золото-сульфидно-кварцевых и вторичных золото-лимонитовых окисленных руд преимущественно в терригенной толще (иногда в сопровождении рудных брекчий) фиксируются наименьшим электрическим сопротивлением в сотни Ом-м.</p> <p>Для куранахского типа рудоконтролирующие структуры, дайки и карстовые депрессии фиксируются в магнитном и гравитационном полях</p>

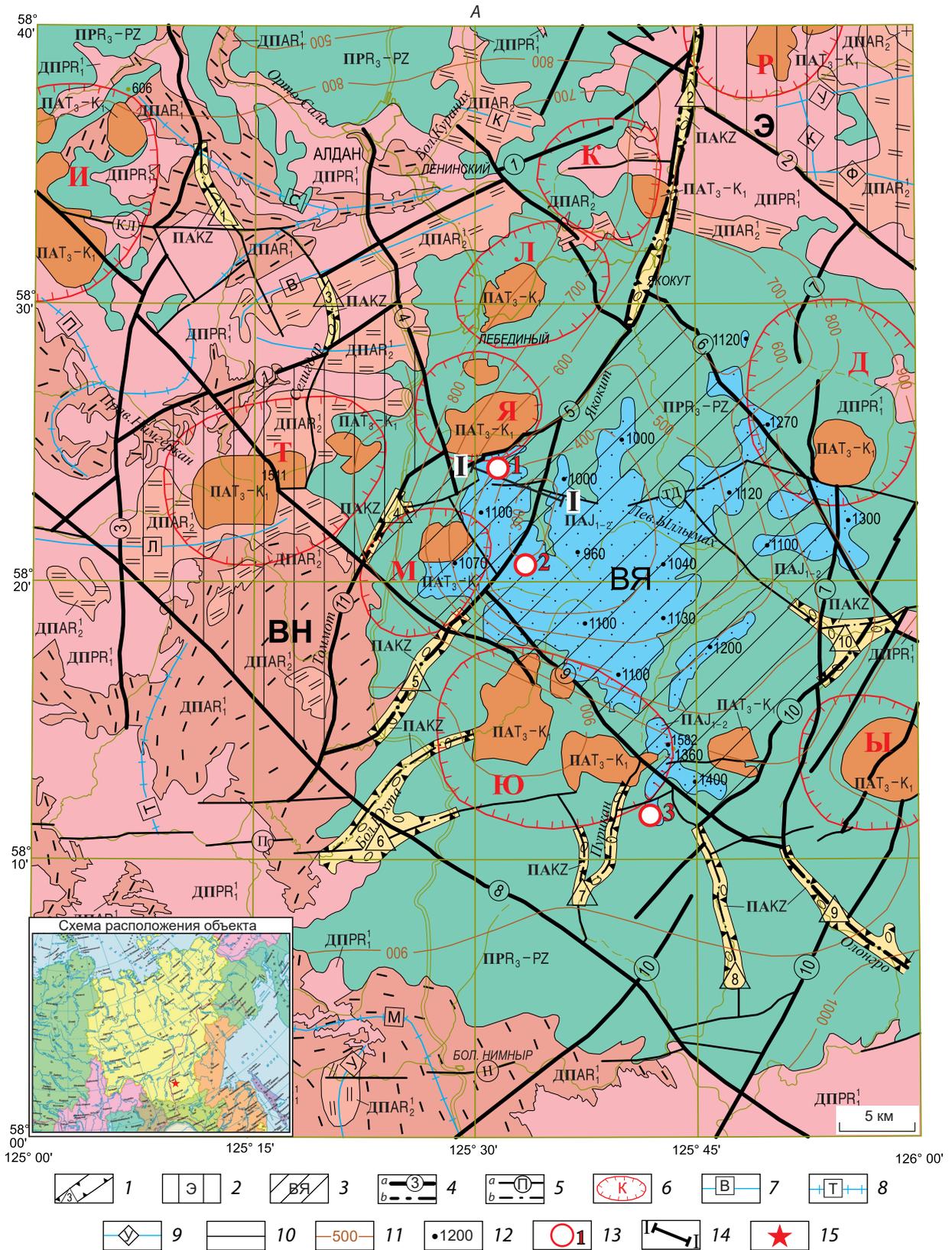
Как и на всём Центральном Алдане, мезозойские магматические образования в Верхне-Якокутском РП отличаются разнообразием состава, интенсивным проявлением гидротермально-метасоматических процессов и, что самое главное, их исключительной ролью как одного из важнейших факторов рудоконтроля. Они представлены штоками, силлами и дайками: среднеюрско-верхнемеловыми лампрофитами и лампроитами нижнекуранахского, верхнеюрско-нижнемеловыми сиенитами лебединского, нижнемеловыми сиенит-порфирами колтыконского и нижнемеловыми тингуаитами и сельвсбергитами эльконского комплексов.

С магматизмом среднеюрско-верхнемеловых лампрофиров, лампроитов и верхнеюрско-нижнемеловыми породами лебединского монзонит-сиенитового комплекса связано проявление метасоматитов пирит-карбонат-калийшпат-кварцевого состава. Данный комплекс пород распространён относительно локально в виде линейных прерывистых зон вдоль даек, реже – пластовых интрузий. Интенсивность

гидротермально-метасоматических процессов этого типа различная: от незначительной (окварцевание вмещающих песчаников, проявление карбонатных прожилков) до интенсивной (образование пирит-кварцевых тел по зонам дробления и приконтактовым частям даек, тектонических нарушений). По вещественному составу, геохимической специализации, связи с определёнными магматическими породами данные образования можно отнести к сульфидно-кварцевой формации с золотом, характерной для месторождений Лебединского рудного узла, проявленной в специфических условиях юрской терригенной толщ.

Модель рудного поля характеризует его геологическую позицию в пределах рудного района, особенности строения, взаимосвязь оруденения с тектоническими, магматическими и гидротермально-метасоматическими образованиями, обладающими определённой позицией в пределах вмещающих пород.

Анализ структуры рудного поля связан с выяснением его геологической позиции и соотношения региональных структур различного



В

Структурные этажи (возраст формаций)	Этапы развития	Эпиплатформенной активизации	Платформенный	Доплатформенный
		ПА	П	ДП
IV (KZ)		ПАКZ	Глинисто-песчано-конгломератовая	
III (MZ)		ПАТ ₃ -К ₁	Щёлочносиенит-щёлочнотраховитовая, щёлочнопикритовая, моноцит-сиенит-гранитовая, фергусит-щёлочно-сиенитовая, лейцитит-щёлочно-траховитовая	
		ПАJ ₁₋₂	Конгломерато-песчаниковая	
II (PR ₂ -PZ)			ПPR ₃ -PZ	Мергельная, мергельно-доломитовая, доломитовая
I (AR ₁ -PR ₁)				ДПР ₁ ¹ Гранитовая
				+ДПАР ₂ + Плагио-гранитовая
				ДПАР ₂ ¹ Мрамор-сланцевая
				ДПАР ₁ ¹ Кварцито-гнейсовая

Рис. 1. Тектоническая схема Верхне-Якокутской грабен-впадины, лист 0-51 XVIII (А), структурные этажи и слагающие их формации (В):

1 – структуры неотектонической активизации (IV структурный этаж). Кайнозойские грабен-долины: 1 – Среднеселигдарская, 2 – Верхнеякокутская, 3 – Верхнеселигдарская, 4 – Верхнетоммотская, 5 – Малоюхтинская, 6 – Большеюхтинская, 7 – Пуриканская, 8 – Пуричинская, 9 – Олонгринская, 10 – Левобыллымахская; 2–3 – структуры мезозойской эпиплатформенной активизации (III структурный этаж). Блоковые структуры второго порядка: 2 – горсты (Э – Эльконский, ВН – Верхне-Нимгерканский); 3 – грабен-впадина: ВЯ – Верхне-Якокутская; 4 – разломы главные: а – достоверные (1 – Томмотский, 2 – Юхухтинский, 3 – Хатыстырский, 4 – Ортосалинский, 5 – Якокутский, 6 – Верхнеыллымахский, 7 – Джекондинский, 8 – Верхненимгерканский, 9 – Юхтинский, 10 – Ыллымахский, 11 – Томмот-Эльконский); б – скрытые под перекрывающими образованиями; 5 – разломы второстепенные: а – достоверные (КЛ – Кюелляхский, ТД – Томмот-Джекондинский, П – Пуриканский, Н – Нимнырский); б – скрытые под перекрывающими образованиями; 6 – узлы проявлений магматизма (магматогеи): И – Инаглинский, Т – Томмотский, Р – Рябиново-Редергинский, Л – Лебединский, Д – Джекондинский, Ы – Ыллымахский, Ю – Юхтинский, М – Мрачинский, Я – Якокутский, К – Колтыконский; 7–9 – структуры кристаллического фундамента (I структурный этаж). Пликативные структуры: 7 – оси синклиналей (синформ): Л – Левонимгерканская, В – Верхнеортосалинская, К – Колтыконская, У – Усть-Николкинская; 8 – оси антиклиналей (антиформ): С – Селигдарская, П – Правонимгерканская, Т – Томмотская, М – Малоаянская; 9 – зоны разломов раннедокембрийского заложения: У – Удачная, Ф – Федоровская, К – Курумканская; 10 – границы геологических формаций; 11 – изогипсы подошвы венд-нижнекембрийских отложений, м; 12 – абсолютные отметки подошвы юрских отложений, м; 13 – поисковые участки с золоторудными объектами различных морфологических типов: 1 – Юрбетский, 2 – Якокутский, 3 – Пуриканский; 14 – линия разреза; 15 – расположение объекта; остальные усл. обозн. см. табл. (В)

Fig. 1. Tectonic scheme of the Upper Yakokutsk graben depression, sheet O-51 XVIII (A):

1 – structures of neotectonic activation (structural stage IV). Cainozoic graben-valleys: 1 – Middle Seligdar, 2 – Upper Yakokut, 3 – Upper Seligdar, 4 – Upper Tommot, 5 – Maloyukhtinsk, 6 – Bolsheyukhtinsk, 7 – Purikansk, 8 – Purichinsk, 9 – Olongrinsk, 10 – Levoylymakhs; 2–3 – structures of the Mesozoic orogenic activation (structural stage III). Block structures of the second order: 2 – horsts (Э – Elkonsk, ВН – Upper Nimgerkansky); 3 – graben-depression: ВЯ – Upper Yakokutsk; 4 – main faults: a – reliable (1 – Tommotsk, 2 – Yukhukht, 3 – Khatystyrsk, 4 – Ortosalinsk, 5 – Yakokutsk, 6 – Upper Ylymakhs, 7 – Dzhekondinsk, 8 – Upper Nimgerkansky, 9 – Yukhta, 10 – Ylymakhs, 11 – Tommot-Elkonsk); b – hidden under the overlapping formations; 5 – secondary faults: a – reliable (КЛ – Kyuelliakhsk, ТД – Tommot-Dzhekondinsk, П – Purikansk, Н – Nimnysk); b – hidden under the overlapping formations; 6 – magmatic complexes: И – Inaglinsk, Т – Tommotsk, Р – Ryabinovo-Rederginsk, Л – Lebedinsk, Д – Dzhekondinsk, Ы – Yllimakhs, Ю – Yukhtinsk, М – Mrachninsk, Я – Yakokutsk, К – Koltykonsky; 7–9 – structures of the crystalline basement (structural stage I). Plicative structures: 7 – syncline axes (synform): Л – Levonimgerkansky, В – Upper Orthosalinskaya, К – Koltykonskaya, У – Ust-Nikolkinskaya; 8 – anticline axes (antiforms): С – Seligdarskaya, П – Pravo-Nimgerkansky, Т – Tommotskaya, М – Maloayansk; 9 – Early Precambrian fault zones: У – Udachnaya, Ф – Fedorovskaya, К – Kurumkansky; 10 – margins of geological formations; 11 – isohypses of the base of the Vendian-Lower Cambrian deposits, m; 12 – absolute marks of the base of the Jurassic deposits, m; 13 – prospecting areas with gold occurrences of various morphological types: 1 – Yurbetsky, 2 – Yakokutsky, 3 – Purikansky; 14 – cross-section line; 15 – location of the occurrence; see table for other legend (B)

ранга. Блоковое строение изучаемой площади определяется сочетанием иерархически соподчинённых разнопорядковых блоковых структур отрицательного и положительного знаков, развивающихся в течение длительного (триас-мел) периода тектоно-магматической активизации. При этом от этапа к этапу в ходе реализации тектонических движений и сопутствующих им проявлений магматизма происходило усложнение структурного плана.

Структурно-тектоническое строение площади Верхне-Якокутского РП обусловлено расположением её в пределах Верхне-Якокутской грабен-впадины, сформированной в зоне мезозойской тектонической активизации в результате сводово-глыбового тектоногенеза.

Границами Верхне-Якокутской грабен-впадины (точнее, её наиболее опущенной части) служат региональные зоны дофанерозойских разломов первого порядка: Юхтинский, Верхнеыллымахский, Ыллымахский, Джекондинский, Якокутский и Томмот-Эльконский (рис. 1, А). Последние два являются основными рудоконтролирующими структурами Центрально-Алданского района. К ним приурочено большинство известных в данном регионе месторождений рудного золота. При этом про-

чие региональные разломы, ограничивающие грабен-впадину, также имеют определённое рудоконтролирующее значение. Таким образом структурный контроль – основной фактор, определяющий положение рудных объектов Центрально-Алданского рудного узла в минерализованных зонах разломов [7]. Амплитуды вертикальных перемещений по отдельным разломам обычно составляют десятки метров. При этом суммарные смещения блоков по системе трещин, объединяемых в единый разлом, достигают первых сотен метров (рис. 2).

Современный дизъюнктивный план площади сформировался главным образом в течение эпиплатформенной активизации, в которую были вовлечены практически все зоны древних разрывных нарушений. Последние не только определили блоковое строение района, но и имеют важное магмоконтролирующее значение. Ширина полосы разломов в рамках единого дизъюнктива колеблется от первых до 5–10 км.

Якокутская зона разломов – одна из основных рудоконтролирующих структур Верхне-Якокутской грабен-впадины. Простирается зона изменяется от 10° в северной до 30° в центральной части территории, где она при пе-



ресечении с разломами северо-западных направлений «расщепляется» в форме структуры «конский хвост».

Ширина зоны на водоразделе верховьев рек Якоцит – Томмот в пределах описываемой площади достигает 10 км. В этой части она осложняется многочисленными разнонаправленными разрывными нарушениями, которые и определяют сбросово-блоковое строение толщи юрских терригенных отложений. К этой же части приурочены участки концентрации даек и пластовых интрузий различного состава, зон дробления, которые зачастую трансформируют разрывные нарушения высоких порядков.

В узлах сопряжения региональных разломов образуется зона трещиноватости с каркасно-блоковым строением повышенной «проницаемости», ограниченная в пределах рудного поля разломами различного простирания. На площади рудного поля подобных зон с каркасно-блоковым строением может быть несколько. Следует отметить, что подобные узлы сопряжения региональных структур наиболее благоприятны для их многократного подновления [12].

В пределах Верхне-Якокутского рудного поля рассматриваемые участки сопряжения ограничиваются разломами северо-западного (Юхтинский и Ыллымахский) и северо-восточного (Томмот-Эльконский и южный фрагмент Якокутского) простираний (участки Юрбетский, Якокутский (зона Геохимическая) и Пуриканский) (см. рис. 1, А). Зона рудовмещающих дислокаций в этом случае представляет собой каркас крутопадающих разломов второго и более высоких порядков преимущественно северо-восточного и северо-западного простираний.

Разломы в юрских терригенных отложениях фиксируются в виде зон различной мощности, выполненных трещиноватыми породами, катаклазитами, тектоническими брекчиями, милонитами, иногда проявлениями гидротермально-метасоматической минерализации, а также кварцевыми жилами, имеющих простирания, совпадающие в целом с плоскостью региональной трещиноватости.

Пространственно минерализованные зоны приурочены к осевой части разрывных тектонических структур северо-западного и северо-восточного простираний. Разрывные деформации в подстилающей карбонатной толще на контакте с перекрывающими их терригенными породами фиксируются, как правило, интенсивно закарстованными зонами дробления и трещиноватости.

Помимо золотосодержащих зон дробления, зоны разломов выполняются многочисленными дайками различного состава, к которым в ряде случаев также приурочено золотое оруденение.

Для грабен-впадин характерно присутствие в рудоконтролирующих структурах полей большого количества мезозойских даек и малых интрузивных тел в виде штоков и силлов. Так, Верхне-Якокутскую грабен-впадину часто рассматривают как гигантский штокверк, насыщенный дайками субщелочного состава. Такое количество малых интрузивных тел в пределах грабен-впадины отчасти объясняется её блоковым строением, определяющим повышенную проницаемость площади. При этом насыщенность мелкими интрузивными телами терригенных пород в пределах тех или иных участков часто отражает степень их геологической изученности. Особенно это касается тел лампрофиров, поскольку вследствие слабой устойчивости к выветриванию данные образования часто фиксируются только в горных выработках и буровых скважинах и практически совершенно отсутствуют на дневной поверхности в делювиальных отложениях.

Дайки имеют различное простирание и иногда связаны с оперяющими системами дофанерозойских разломов, о чём свидетельствуют их простирания, не всегда совпадающие с основной ориентировкой региональных разломов.

Рудные поля этого типа часто не вмещают потенциально рудоносные крупные субщелочные массивы, однако последние могут располагаться по границам подобных впадин (Якокутский и Джекондинский массивы на границе Верхне-Якокутской (см. рис. 1, А),

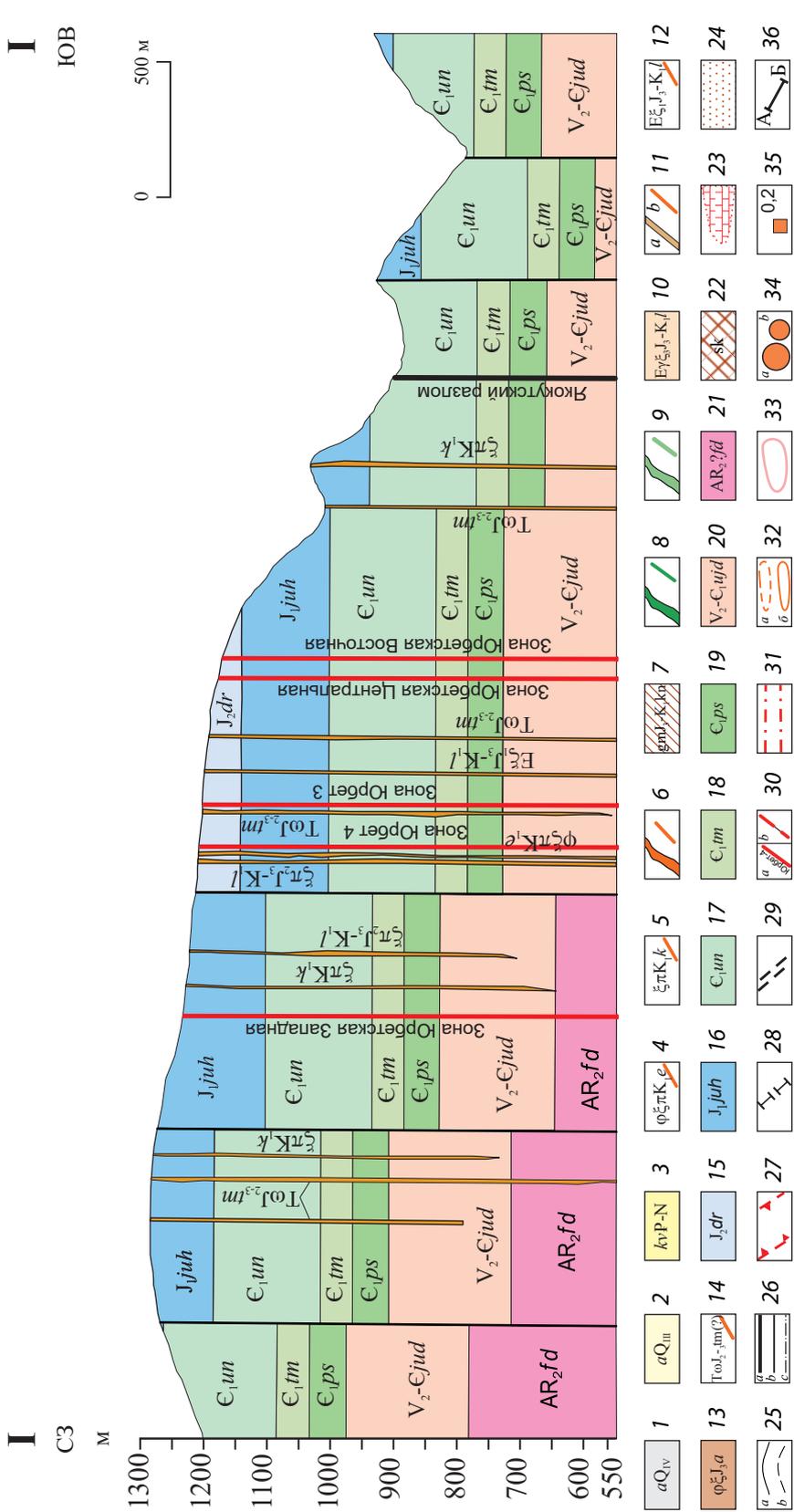


Рис. 2. Геологический разрез по линии I–I' Верхне-Якутской грабен-впадины (при составлении использованы картографические материалы: ГДП-200, ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология», с/а «Селигдар»):

I – современные отложения. Аллювиальные песчано-галечные, валуно-галечные, супеси, илы низких пойм, русел; 2 – аллювиальные валуно-песчано-галечные отложения I и II надпойменных террас; 3 – палеоген-неогеновые отложения нерасчленённые; 4 – дайки тингуаитов, эгириновых бостонитов (Евх); 5 – дайки сиенит-порфиров, ортофиров (гп), трубки взрыва сиенит-порфиров и их эруптивных брекчий; 6 – дайки, силлы сиенит-порфиров (х₁^J–K₂), минетт (мх), вогезитов (вх); 7 – пирит-карбонат-каллишаговые, пирит-каллишаговые метасоматы (гумбеиты); 8 – дайки и силлы лампрофиров (х₂^J–K₂), минетт (мх), вогезитов (вх); 9 – дайки и силлы лампроитов (ξ₂^J–K₂); 10–12 – Алданский комплекс: 10 – третья фаза. Штоки, лакколиты щёлочно-полевшпатовых граносиенитов порфиroidных и крупнозернистых (Еуξ₃), щёлочно-полевшпатовых граносиенитов (Еуξ₃); 11 – вторая фаза (ξ₂^J–K₁); а – лополиты, штоки, лакколиты сиенитов, кварцевых сиенитов (аξ₂), граносиенитов (вξ₂), граносиенит-порфиров (уξ₂т₂), монцититов (μ₂); б – дайки,



силлы сиенит-порфиров ($\xi\pi_2$): 12 – первая фаза. Дайки щёлочнопеллошпатовых сиенитов ($E\xi_1J_3-K_1D$); 13 – Алданский комплекс. Вторая фаза. Штоки, лополиты, кольцевые интрузии нефелиновых сиенитов, щелочных сиенитов ($E\xi_2$), пулавскитов ($E\xi p_2$), лавриковитов ($E\xi l_2$); 14 – дайки щёлочных трахитов; 15 – дурайская свита. Переслаивание песчаных мелко- и среднезернистых, алевролитов и аргиллитов; 16 – юхтинская свита. Песчаники разнотернистые, редкие прослои и линзы гравелитов, конгломератов и алевролитов; 17 – унгелинская свита нерасклеванная, доломиты, мергели, кремневые доломиты; 18 – тумулдурская свита. Доломиты тёмно-серые, иногда пятнистые, часто битуминозные; 19 – пестроцветная свита. Переслаивание глинистых доломитов и мергелей розовых, жёлтых и др.; 20 – устьюдомская свита. Доломиты, в том числе битуминозные, прослои оолитоподобных, реже глинистых, известковистых доломитов; 21 – докембрийский кристаллический фундамент; 22 – скарны; 23 – мраморы; 24 – роговики; 25 – геологические границы: *a* – достоянные, *b* – предполагаемые; 26 – разрывные нарушения: *a* – главные и их названия, *b* – второстепенные, *c* – предполагаемые, в том числе под четвертичными отложениями; 27 – рудоконтролирующие зоны деформаций; 28 – явно выраженные линейaments, выявленные по данным дешифрирования ортосоматофотопланов масштаба 1 : 25 000, по данным СПб. ГГУП «СФ МИНЕРАЛ», 2018; 29 – выявленные зоны дробления, по данным полевых работ 2019 г. ФГБУ «ЦНИГРИ»; 30 – зоны метасоматически изменённых пород с золотым оруденением кварцево-жильного типа и их названия: *a* – достоверные, *b* – предполагаемые; 31 – зоны развития оруденелых тектонических брекчий (Г. М. Азанов, В. Г. Бердник, 1957 г.); 32 – литохимические аномалии золота (содержание в г/т): *a* – 0,1–0,6, *b* – 0,6–1,0; 33 – литохимические аномалии мышьяка (содержание в %): 0,003–0,01; 34 – рудопроявления золота (*a*), пункты минерализации золота (*b*); 35 – золото (г/т) по данным пробирного или атомно-абсорбционного анализов в штуфных и бороздовых пробах; 36 – линии разрезов

Fig. 2. Geological section along the line I–I of the Upper Yakokutsk graben-depression (cartographic materials were used in compiling: GDP-200, Yakutskgeologia, s/a Seligdar):

1 – modern deposits. Alluvial sand-pebble, boulder-pebble, silty loam, silts of low floodplains, channels; 2 – alluvial boulder-sand-pebble deposits I and II of terraces above the floodplain; 3 – undivided Paleogene-Neogene sequences; 4 – dikes of tinguaita and aegirine bostonite (Ebx); 5 – dikes of porphyritic syenite, orthophyre (π_1), explosion pipes of syenite-porphyre and their eruptive breccias; 6 – dikes, syenite-porphyre sills ($\xi\pi K_{1-2}$); 7 – pyrite-carbonate-K-feldspar, pyrite-K-feldspar metasomatites (gumbelite); 8 – dikes and sills of lamprophyre (χJ_2-K_2), minette ($m\chi$), vogesite ($v\chi$), bostonite (bx); 9 – lamproite dikes and sills ($\xi\chi J_2-K_2$); 10–12 – Aldan complex: 10 – third phase. Stocks, laccoliths of porphyritic and coarse-grained alkali-feldspar granosyenite and nordmarkite (undivided) ($Eq\xi_3$); 11 – second phase ($\xi_2 J_3-K_1D$); *a* – lopoliths, stocks, laccoliths of syenite, quartz syenite ($q\xi_2$), granosyenite ($\gamma\xi_2$), monzonite (μ_2); *b* – dikes, syenite-porphyre sills ($\xi\pi_2$); 12 – the first phase. Dikes of alkali feldspar syenite ($E\xi_1J_3-K_1D$); 13 – Aldan complex. Second phase. Stocks, lopoliths, ring intrusions of nepheline and analcime syenite, alkali syenite ($E\xi p_2$), laurvikite ($E\xi l_2$); 14 – dikes of alkaline trachyte; 15 – Durai Formation. Alternation of fine- and medium-grained sandstones, siltstones and mudstones; 16 – Yukhta Formation. Inequigranular sandstones, rare interlayers and lenses of gravelstone, conglomerate and siltstone; 17 – Ungelinskaya Formation, undivided. Dolomite, marl, silicified dolomite; 18 – Tumuldur Formation. The dolomite is dark grey, sometimes spotty, often bituminous; 19 – variegated suite. Alternation of clayey dolomite and marl of pink, yellow, etc.; 20 – Ustudom Formation. Dolomite, including bituminous, interlayers of oolitic, less often clayey, calcareous dolomite; 21 – Precambrian crystalline basement; 22 – skarn; 23 – marble; 24 – hornfels; 25 – geological boundaries: *a* – reliable, *b* – assumed; 26 – faults: *a* – main and their names, *b* – secondary, *c* – alleged, including under Quaternary deposits; 27 – ore-controlling deformation zones; 28 – pronounced lineaments, identified according to the data of interpretation of orthosomphotomaps at a scale of 1 : 25 000, according to the data of St. Petersburg State Unitary Enterprise “SF MINERAL”, 2018; 29 – identified fragmentation zones according to field work in 2019, TsNIGRI; 30 – zones of metasomatically altered rocks with quartz-vein gold mineralization and their names: *a* – reliable, *b* – assumed; 31 – zones of development of mineralized tectonic breccias (G. M. Azanov, V. G. Berdnik, 1957); 32 – lithochemical anomalies of gold (content in g/t): *a* – 0.1–0.6; *b* – 0.6–1.0; 33 – lithochemical anomalies of arsenic (content in %): 0.003–0.01; 34 – gold ore occurrences (*a*), points of gold mineralization (*b*); 35 – gold (g/t) according to the assay or atomic absorption analysis in hand specimens and chip samples; 36 – cross section lines

Чайдахский на границе Ытымджинской впадины). В этом случае они оказывают определённое влияние на структурные особенности прилегающего к ним участка грабен-впадины. Иначе говоря, особенности тектонического контроля в пределах рудного поля этого типа проявляются в основном с региональными зонами дофанерозойских разломов, а также как частный случай, с тектоникой, развитой за счёт внедрения на периферии грабен-впадин, крупных субщелочных массивов, что выражается в возникновении дополнительной, радиально-концентрической системы разломов. Данное обстоятельство обуславливает широкое развитие интенсивной блоковой и разрывной тектоники, а также магматических и гидротермально-метасоматических образований.

Связь оруденения с различными региональными разломами, а также относительная близость крупного субщелочного массива, представленного в данном случае Якокутской вулканоструктурой, обуславливают различное строение участков.

В пределах подобных участков могут формироваться рудные тела различных морфологического типа и состава – кварцевые жилы и окварцованные зоны дробления; зоны оруденелых тектонических брекчий; метасоматически изменённые дайки и пластовые тела субщелочного состава; зоны метасоматитов, развивающихся по зонам дробления осадочных пород и даек; углистые алевролиты, часто окварцованные и пиритизированные. Отмечаются дайки определённого состава, преимущественно развитые только в пределах этого участка.

Непосредственно рудные тела чётко контролируются зонами метасоматитов пирит-(лимонит)-калишпат-карбонат-кварцевого состава, развивающихся по зонам дробления осадочных пород и даек. Зона окисления развивается до глубины 20–50 м (в отдельных случаях до 100 м) и выражается в практически полном замещении пирита лимонитом и интенсивном разрушении вмещающих пород до глинисто-дресвяно-щебнистого состояния.

Неокисленные золоторудные метасоматиты прослежены до глубины 90–100 м по всей осадочной толще вплоть до гумбеитизированных кембрийских доломитов.

Распределение золота в пределах зоны неравномерное, содержание золота резко изменяется через 40–50 м от 0,6 до 5–6 г/т. С глубиной содержание золота может уменьшаться, что, возможно, связано с обогащением приповерхностных руд в процессе окисления. Границы рудных тел часто устанавливаются только опробованием.

Всё вышеперечисленное определяет горизонтальную зональность рудного поля.

Перспективы рудного поля также связываются с возможностью обнаружения пологозалегающих рудных тел в углистых алевролитах верхней подсвиты юхтинской свиты, представленных стратоидными залежами прожилково-вкрапленных, первичных золотополисульфидных и вторичных окисленных золото-лимонитовых руд в ряде случаев вблизи крутопадающих зон брекчирования. В пределах участков Юрбетский и Якокутский (зона Геохимическая) такие тела залегают субгоризонтально, висячем боку крутопадающих золоторудных зон брекчирования, иногда согласно с силлами лампроитов. Ряд золоторудных тел представлен минерализованными зонами в метасоматически изменённых послонных интрузиях мезозойских щелочных пород.

Рудные тела, представленные окисленными метасоматитами, сопровождаются первичными и вторичными ореолами свинца, серебра, меди, вольфрама. Геохимические ореолы меди также сопровождают минерализованные дайки и пластовые тела субщелочных пород. Существенную роль в локализации подобных субгоризонтальных рудных тел сыграло сочетание горизонтальных зон трещиноватости, широко развитых в терригенно-карбонатных породах, и крутопадающих разрывных нарушений.

Помимо этого, для разреза терригенно-карбонатных пород характерно наличие литолого-стратиграфических неоднородностей – зон межслоевых разрывов, контролирующих



размещение пирит-калишпатовых, пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов (гумбеитов) в породах чехла, а также прослоев углистых алевролитов, с которыми связаны окварцевание, сульфидизация и иногда золотоносность.

Разрывные деформации в подстилающих карбонатных породах на границе с терригенной толщей фиксируются, как правило, интенсивно закарстованными зонами, вмещающими золотоносные коры выветривания.

Повторение литолого-стратиграфических неоднородностей разреза является причиной многоярусного размещения оруденения.

Локализация оруденения в области структурных и литолого-структурных переходов определяет вертикальную зональность рудного поля [12].

Учитывая изложенное, можно ожидать, что перспективы обнаружения золоторудных тел в пределах терригенной толщи связаны:

- с широко распространёнными дайками сиенитов, лампроитов и лампрофиров, так как золотое оруденение содержится в минерализованных зонах, метасоматически изменённых дайках (самостоятельных и сопряжённых с пластовыми телами того же состава);

- с возможностью обнаружения стратойдных залежей прожилково-вкрапленных первичных золото-полисульфидных и вторичных окисленных золото-лимонитовых руд в углистых сульфидизированных алевролитах верхней подсвиты юхтинской свиты вблизи крутопадающих золотосодержащих зон брекчирования;

- с зонами оруденелых тектонических брекчий, нередко с кварцевым цементом;

- с кварцевыми жилами первичных золото-сульфидно-кварцевых и вторичных золото-лимонитовых окисленных руд преимущественно в терригенной толще, при этом не меньший интерес представляют сопровождающие их мощные зоны оруденелых брекчий;

- с прожилково-вкрапленными золото-пирит-кварцевыми и частично окисленными золото-пирит-лимонитовыми рудами, связанными с метасоматитами, локализованными в долгоживущих крутопадающих тектонических зонах;

- с оруденением куранахского типа, представленным минерализованной триасовой остаточной корой выветривания, развитой в карстовых депрессиях. Золоторудные тела пространственно и генетически связаны с юрско-меловыми магматическими породами – силлами и дайками сиенит-порфиров, ортофиров, лампроитов и лампрофиров, являющихся рудоподводящими структурами.

Различные морфологические типы золоторудного оруденения в пределах Верхне-Якутской грабен-впадины лучше всего изучены на рудопрооявлениях Юрбетское, Странное, Геохимическое и др. (Г. М. Азанов, В. Г. Бердник, 1957 г.; А. Н. Власов, 2008 г.; В. С. Звездов, В. В. Столяренко, 2015 г.; И. И. Силин, И. Г. Баранов, 1975 г.).

Морфология рудных зон, выявленных на площади, показана на рис. 3. Более подробно различные морфологические типы золоторудных проявлений по участкам Юрбетский и Якутский рассмотрены ниже. Также дана краткая характеристика участка Пуриканский с рудопрооявлением Гладкое, относящимся к куранахскому типу и расположенным на южном фланге Верхне-Якутской грабен-впадины (Е. И. Бирюков, 2007 г.).

Изучение структурных особенностей месторождений куранахского типа показало, что наиболее перспективными следует считать районы мезозойской активизации щита, в пределах которых существуют структуры типа «грабен». При этом наибольший промышленный интерес представляют участки, локализованные на флангах грабен-впадин с минимальными мощностями перекрывающих терригенных пород.

Подобные структуры более благоприятны для оруденения этого типа по следующим причинам:

- осадочный чехол, вмещающий известные на Алдане месторождения, наиболее полно сохранился в грабенах;

- грабены к моменту оруденения в силу своего блокового строения полнее насыщены благоприятными структурами;

- горизонтальные ослабленные зоны и зоны трещин отрыва, контролирующие оруденение и возникшие от тангенциальных давле-

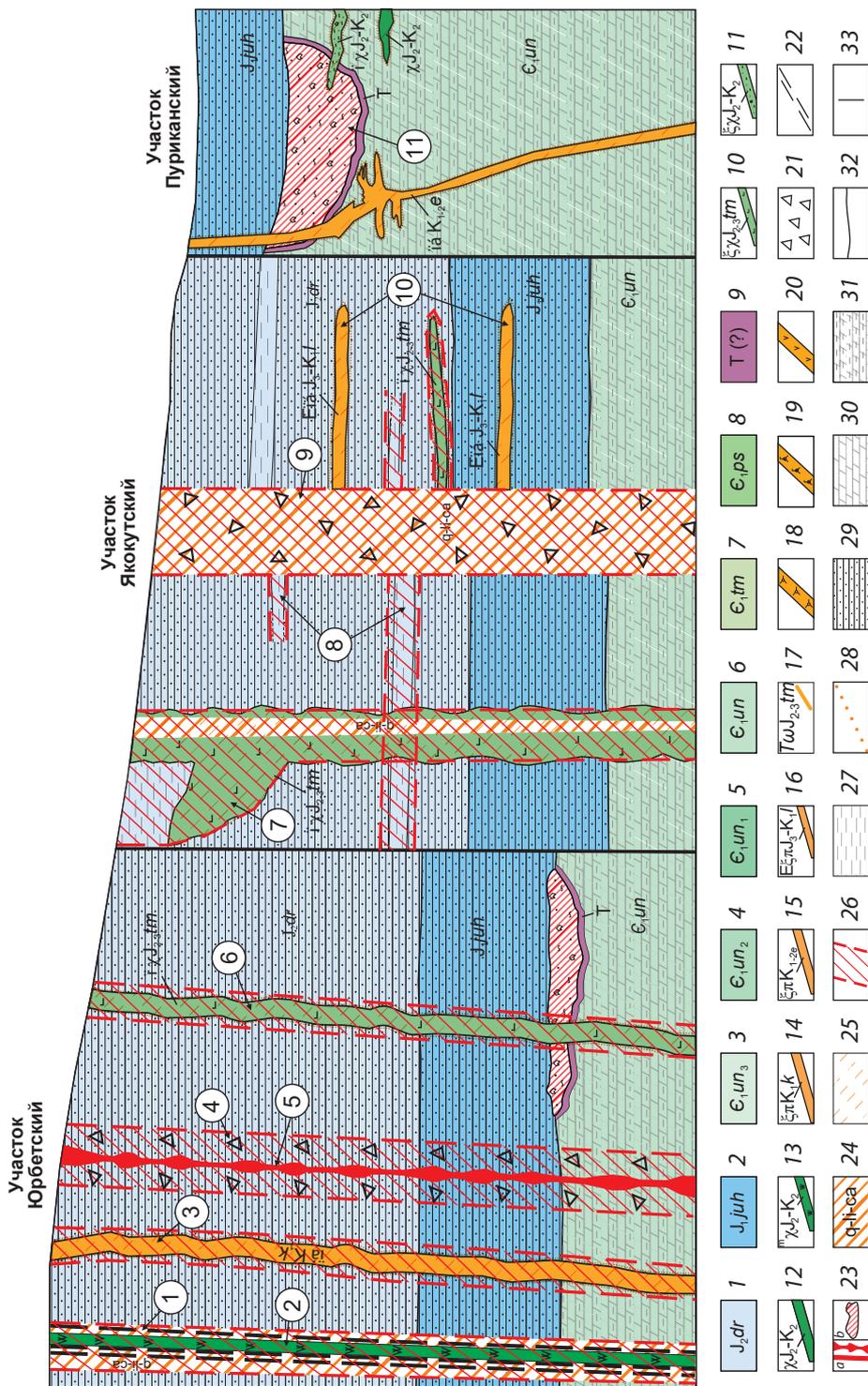


Рис. 3. Модель положения золотоносных тел различных морфологических типов в пределах развития юрских терригенных отложений в Верхне-Якокутской грабен-впадине:

1, 2 – юрская система: 1 – дурайская свита: переслаивание песчаников мелко- и среднеразмерных, алевролитов, аргиллитов; 2 – юхтинская свита: песчаники разномощные, редкие прослои и линзы гравелитов, конгломератов, алевролитов; 3–8 – кембрийская система, нижний отдел: 3–6 – унгелинская свита: 3 – верхняя подсвита: доломиты, прослой глинистых, строматолитовых, брекчиевидных доломитов, 4 – средняя подсвита: переслаивание глинистых доломитов и мергелей бурых, красно-бурых, прослой доломитов, 5 – нижняя подсвита: доломиты серые, прослой глинистых доломитов бурых, кремневых, доломитов окремневших, оолитоподобных, брекчиевидных, строматолитовых, 6 – нерасчлененная: доломиты, глинистые доломиты, мергели, прослой строматолитовых, оолитоподобных, окремневших доломитов; 7 – тумулдурская свита: доломиты, в том числе битуминозные, оолитоподобные; прослой строматолитовых, известковых доломитов, известняков; 8 – пестроцветная свита: переслаивание глинистых доломитов, мергелей красно-бурых и доломитов серых; 9 – доюрская остаточная кора выветривания по кембрийским доломитам; томмотский интрузивный комплекс; 10, 11 – лампроиты (дайки и силлы):



10 – томмотский интрузивный комплекс, 11 – полихромные, наиболее глубокие; 12, 13 – лампрофиты (дайки и жилы); 12 – разрушенные до глинисто-суглинистого состояния, 13 – минетта; 14 – колтыконский гипабиссальный комплекс сиенит-порфировый: дайки ортофиров, сиенит-порфиров и их эруптивных брекчий; 15 – сиенит-порфиры; 16 – лебединский интрузивный комплекс: дайки и пластовые интрузии щелочных сиенит-порфиров; 17 – дайки псевдолейцитов; 18 – тингуаиты; 19 – селвсбергиты; 20 – ортофиры; 21–27 – золотоносные образования: 21 – оруденелые тектонические брекчи с обломками осадочных и интрузивных пород, 22 – минерализованные зоны дробления, 23 – кварц-сульфидные жилы (а), золоторудные тела куранахского типа в карстовых депрессиях (b), 24 – кварц-лимонит-карбонатные метасоматиты, 25 – сульфидизированные метасоматически изменённые породы, 26 – прожилково-вкрапленная золото-сульфидно-кварцевая минерализация, 27 – внутриформационные субгоризонтальные рудные тела в углистых алевролитах юхтинской свиты; 28 – границы гидротермально-метасоматически изменённых пород; 29 – доломиты; 30 – песчаники; 31 – глинистые доломиты; 32 – геологические границы; 33 – разломы; цифры в кружках – рудные зоны и их характеристика: 1 – субвертикальные минерализованные зоны дробления в рудоносных кварц-лимонит-карбонатных метасоматитах (прожилково-вкрапленный тип руд – ПВТР); 2 – минерализованная крупноподобная дайка минетт; 3 – минерализованные крупноподобные кварц-сульфидные жилы; 4 – зоны оруденелых тектонических брекчий (ПВТР); 5 – крупноподобные кварц-сульфидные жилы; 6 – минерализованные дайки лампроитов (ПВТР); 7 – рудоносные метасоматиты по дайке лампроитов лимонит-калишпат-карбонатного состава (ПВТР); 8 – субгоризонтальные рудные тела углистых алевролитов (вкрапленный тип руд); 9 – рудоносные кварц-лимонит-карбонатные метасоматиты, развитые по тектоническим брекчиам (ПВТР, жильно-прожилковый тип руд); 10 – минерализованные пластовые интрузии щелочных сиенитов (ПВТР); 11 – кора выветривания, представленная глиной светлого-серой, коричнево-серой, с щебнем, древесно-серых, тёмно-серых доломитов, слабомраморизованных песчаников, лампрофиров, гематит-лимонитовых метасоматитов

Fig. 3. Model of the position of gold-bearing bodies of various morphological types within the development of Jurassic terrigenous deposits the Upper Yakokut graben basin:

1, 2 – Jurassic system: 1 – Durai Formation: interbedding of fine- and medium-grained sandstone, siltstone, mudstone; 2 – Yukhta Formation: inequigranular sandstone, rare interlayers and lenses of gravelstone, conglomerate, siltstone; 3–6 – Cambrian system, Lower section: 3–6 – Ungelinskaya Formation: 3 – upper subformation: dolomite, interlayers of clayey stromatolitic brecciated dolomite, 4 – middle subformation: intercalation of clayey dolomites and brown, red-brown marls, interlayers of dolomite, 5 – lower subformation: grey dolomite, interlayers of brown, cream clayey dolomite, silicified oolitic-like brecciated stromatolitic dolomite; 6 – undivided: dolomite, clayey dolomite, marl, interlayers of stromatolitic calcareous dolomite; 7 – Tumuldur Formation: dolomite, including bituminous, oolitic; interlayers of stromatolitic calcareous dolomite, limestone; 8 – variegated suite: intercalation of clayey dolomite, red-brown marl and grey dolomite; 9 – pre-Jurassic residual weathering crust after Cambrian dolomite; Tommot intrusive complex; 10, 11 – lamproite (dykes and sills): 10 – Tommot intrusive complex, 11 – polychrome, the deepest; 12, 13 – lamprophyre (dykes and sills): 12 – destroyed to clayey-loamy state, 13 – minette; 14 – Kolykonsky hypabyssal syenite-porphiry complex: dikes of orthophyre, syenite-porphiry and their eruptive breccias; 15 – syenite porphyry; 16 – Lebedinsky intrusive complex: dikes and sills of alkaline syenite-porphiry; 17 – pseudoleucite dikes; 18 – tianguite; 19 – selsbergite; 20 – orthophyre; 21–27 – gold-bearing formations: 21 – mineralized tectonic breccia with clasts of sedimentary and intrusive rocks; 22 – mineralized breccia zones; 23 – quartz-sulfide veins (a); gold ore bodies of the Kuranakh type in karst depressions (b), 24 – limonite-carbonate metasomatites, 25 – sulfidized metasomatically altered rocks, 26 – veinlet-disseminated gold-sulfide-quartz mineralization, 27 – intraformational subhorizontal ore bodies in carbonaceous siltstones of the Yukhta Formation; 28 – boundaries of hydrothermal-metasomatically altered rocks; 29 – sandstone; 30 – dolomite; 31 – clayey dolomite; 32 – geological boundaries; 33 – faults; figures in circles: 1 – subvertical mineralized fractionation zones in ore-bearing quartz-limonite-carbonate metasomatites (veinlet-disseminated type of ores); 2 – mineralized steeply dipping dike of minette; 3 – mineralized steeply dipping dikes of orthophyre, syenite-porphiry; 4 – zones of mineralized tectonic breccia (veinlet-disseminated type of ores); 5 – steeply dipping ore-bearing quartz-sulfide veins; 6 – mineralized dikes of lamproite (veinlet-disseminated type of ores); 7 – ore-bearing metasomatites after lamproite dike of limonite-K-feldspar-carbonate composition (veinlet-disseminated type of ores); 8 – subhorizontal ore bodies of carbonaceous siltstone (disseminated type of ores); 9 – ore-bearing quartz-limonite-carbonate metasomatites developed along tectonic breccias (veinlet-disseminated, vein-veinlet types of ores); 10 – mineralized bedded intrusions of alkaline syenite (veinlet-disseminated type of ores); 11 – weathering crust, represented by clay light grey, brownish grey, with fractures of dark grey dolomite, weakly marbled sandstone, lamprophyre, hematite-limonite metasomatites

ний приподнятых блоков на опущенные, развиты преимущественно в грабенах;

- наличие карстовых депрессий с древними корами выветривания, сохранившихся на границе кембрийских карбонатных и юрских терригенных пород.

Особенности геологического строения различных участков Верхне-Якутского потенциального рудного поля. Авторами на основе обобщения данных предшественников и материалов, собранных в процессе полевых работ, показаны особенности структурно-геологического строения перспективных участков, локализованных в различных частях грабен-впадины и содержащих золоторудные проявления разнообразных морфоструктурных типов в толще юрских терригенных пород, – Юрбетского, Якутского и Пуриканского (Е. И. Бирюков, 2007 г.; А. Н. Власов, 2008 г.; В. С. Звездов, В. В. Столяренко, 2015 г.).

Участок Юрбетский расположен в северо-западной части грабен-впадины в относительной близости от Якутского вулcano-плутона. Структурно-тектонический план участка определяется его положением в зоне влияния фрагментов субмеридиональной ветви Якутского и северо-восточной Томмот-Эльконского региональных разломов глубинного заложения (см. рис. 1, А), в узлах сопряжения которых образуется зона трещиноватости с каркасно-блоковым строением повышенной «проницаемости».

Подобные тектонические зоны вмещают интрузии широкого возрастного диапазона – от среднеюрских до позднемиоценовых, а также зоны тектонических брекчий, секущие меловые интрузии, что свидетельствует о неоднократном подновлении разломов системы.

Длительно развивавшиеся и неоднократно подновлявшиеся фрагменты этих разломов сопровождаются серией разноориентированных оперяющих разрывных нарушений второго и более высоких порядков. Последние характеризуются наличием интервалов повышенного сквозного тектонического воздействия, выраженного в виде дробления и расланцевания, как по разновозрастным интрузиям субщелочного состава, так и по вмещающим их породам (рис. 4; см. рис. 1, 2). Раз-

витие зон неоднократно подновлявшихся разрывных дислокаций способствовало формированию в них золотоносных гидротермально-метасоматических образований, развитых по минерализованным зонам дробления, различно ориентированным дайкам субщелочного состава и тектоническим брекчиям. В результате гидротермальной проработки в ряде зон дробления сформировалась прожилково-вкрапленная золото кварцевая минерализация вплоть до образования кварцевых жил, а также возникли минерализованные зоны тектонических брекчий с кварцевым цементом. Морфология рудных тел, выявленных на участке, показана на рис. 5, см. рис. 3.

Оперяющие разнонаправленные разломы часто залечены многочисленными дайками различного состава, образующими дайковые поля. В пределах участка широко развиты дайки, представленные сиенитами, сиенит-порфирами, сельвсбергитами, тингуаитами, лампроитами, лампрофирами. При этом самые молодые дайки сельвсбергитов и тингуаитов известны только на данном участке. Тингуаиты образуют многочисленные дайки в кровле Якутского вулcano-плутона, а также отмечаются вместе с дайками сельвсбергитов по его периферии. В пределах ЦАРР дайки тингуаитов имеются в Эльконском узле, а также в районе вулcano-плутонов Томмотский, Мрачный, Джекондинский, Ыллымахский и Рябиновый [1, 3, 6, 11]. В центральной части Лебединского рудного узла, как и севернее, в пределах грабен-впадины, они неизвестны.

Наличие даек тингуаитов и сельвсбергитов в северо-западной части грабен-впадины определяется специфической особенностью тектонического строения участка, в пределах которого проявляется влияние нескрытого южного фланга Якутского вулcano-плутона. Так, помимо зон северо-западного и северо-восточного простираний, здесь развита также радиально-концентрическая система разломов, образованная в результате внедрения Якутского вулcano-плутона. Для подобных зон повышенной трещиноватости характерны проявления прожилково-вкрапленной золото кварцевой минерализации и собственно кварцевых жил.



Макроскопически *тингуаиты* – тёмно-зелёные плотные породы массивной текстуры с тёмно-красными, иногда розовато-серыми порфиоровыми псевдолейцитовыми образованиями размером от 2–5 до 10–15 мм (рис. 6, а). Вкрапленники составляют 15–20 % от объёма породы и представлены округлыми зёрнами лейцита, полностью замещёнными калиевым полевым шпатом с вростками анальцима, развитого по нефелину. Минерал полностью псевдоморфно замещён пелитизированным калиевым полевым шпатом и анальцимом с тонкочешуйчатым агрегатом серицита и кальцита (по нефелину).

Основная масса породы сложена мелкозернистым агрегатом калиевого полевого шпата и нефелина в виде вытянутых зёрен в согласно ориентированных полосах, часто огибающих вкрапленники. В небольшом количестве отмечаются мелкопризматические кристаллы эгирина, относительно равномерно рассеянные в породе. Граница между вкрапленниками и основной массой нечёткая, расплывчатая.

Помимо мясо-красных включений калиевого полевого шпата, в породе наблюдаются также вкрапленники серого или розовато-серого цвета. В основной массе таких тингуаитов кроме эгирина встречаются ещё и пластинки биотита. Вкрапленники (2–6 мм) имеют идиоморфную форму в виде хорошо образованных со всех сторон полиэдрических кристаллов и их сростков, характерных для лейцита (см. рис. 6, б). Однако минерал полностью псевдоморфно замещён пелитизированным калиевым полевым шпатом с тонкочешуйчатым агрегатом серицита с кальцитом по нефелину. Состав вкрапленников – калиевый полевой шпат 80 %, серицит с кальцитом 20 %.

Основная масса представляет собой мелкозернистый полиминеральный агрегат, состоящий из удлинённых кристаллов пелитизированного калиевого полевого шпата, нефелина и продуктов его изменения (серицит с кальцитом, цеолиты), рассеянных тёмно-коричневых пластинок биотита и хлоритизированного эгирина, часто сросшегося с биотитом. Состав основной массы (%) – калиевый полевой шпат

45, нефелин (с кальцитом, серицитом) 30, биотит 15, хлоритизированный эгирина 10.

Сельвсбергиты – это щелочная мезократовая мелко-, среднезернистая, плотная или порфировая порода, состоящая существенно из K-Na полевого шпата и эгирина, часто с довольно значительной примесью постмагматического альбита (см. рис. 6, с). Основная масса сложена хаотично расположенными тонкими табличками и лейстами плагиоклаза, мелкими редкими кристаллами амфибола и клинопироксена. Вкрапленники удлинённой формы полностью замещены актинолитом, хлоритом, рудным минералом. Прослеживаются новообразованные хлорит-карбонат-кварцевые агрегаты (0,1–1,0 мм) с рудным минералом, а также редкие пластинки хлорит-пеннина (возможно, по биотиту).

Следует отметить, что тингуаиты за счёт характерного внешнего вида (см. рис. 6, а, б) легко определяются визуально при проведении полевых работ, однако ни на одном из хорошо изученных участков в пределах Верхне-Якутского рудного поля они не были зафиксированы.

На площади Юрбетского участка широко проявлены зоны разрывных нарушений субвертикального залегания, представленные сериями разноориентированных узких (10–50 м) зон дробления, брекчирования, повышенной трещиноватости, окварцевания, сульфидизации. При наличии в зонах гидротермально-метасоматических образований, жильной, жильно-прожилковой кварцевой, кварц-карбонатной и золото-сульфидно-кварцевой минерализации, даек субщелочных пород, в том числе минерализованных, эти зоны выделяются в качестве золотоносных. Горно-буровыми выработкам в ряде подобных зон установлено несколько золоторудных тел различных морфологических типов (см. рис. 5, 3).

Изучение типоморфных особенностей золота, отобранного из рудопроявлений различных морфологических типов, показало, что в золоте участка Юрбетский пробность в отдельных золотилах варьируется от 585 до 986 ‰. Характерна постоянная примесь Те, споради-

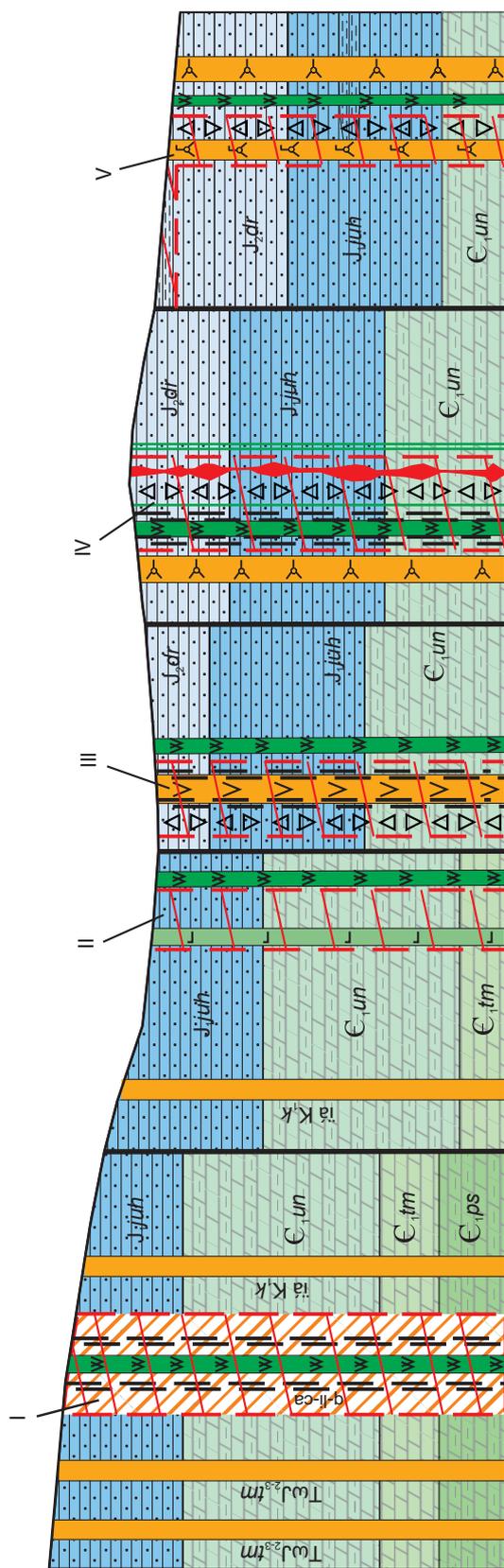


Рис. 5. Модель положения золотоносных тел различных морфологических типов в пределах поискового участка Юрбетский:

I – рудоносные лимонит-кварц-полевошпатовые метасоматиты, развитые по минерализованному зонам дробления, сопряжённым с дайкой минетт; II – субвертикальная зона минерализованных песчаников, сопряжённая с дайкой субшелочных пород; III – кварцевая брекчия, сопряжённая с зонами дробления и дайкой ортофиоров; IV – минерализованные рудные тела углистых алевролитов, сопряжённые с дайкой сельсвергитов и рудоносной кварцевой брекчией; усл. обозн. см. рис. 3

Fig. 5. Model of the locations of gold-bearing bodies of various morphological types within the Yurbetsk prospecting site:

I – ore-bearing limonite-quartz-feldspar metasomatites developed along mineralized crush zones conjugated with a minette dike; II – subvertical zone of mineralized and sulfidized sandstones, conjugated with a subalkaline dike; III – quartz breccia conjugated with crush zones and an orthophyre dike; IV – mineralized minette dikes conjugated with crush zones, quartz breccia, and an ore-bearing quartz-sulfide vein; V – subhorizontal ore bodies of carbonaceous silstone, conjugated with a selvbergite dike and ore-bearing quartz breccia; see Fig. 3 for other legend

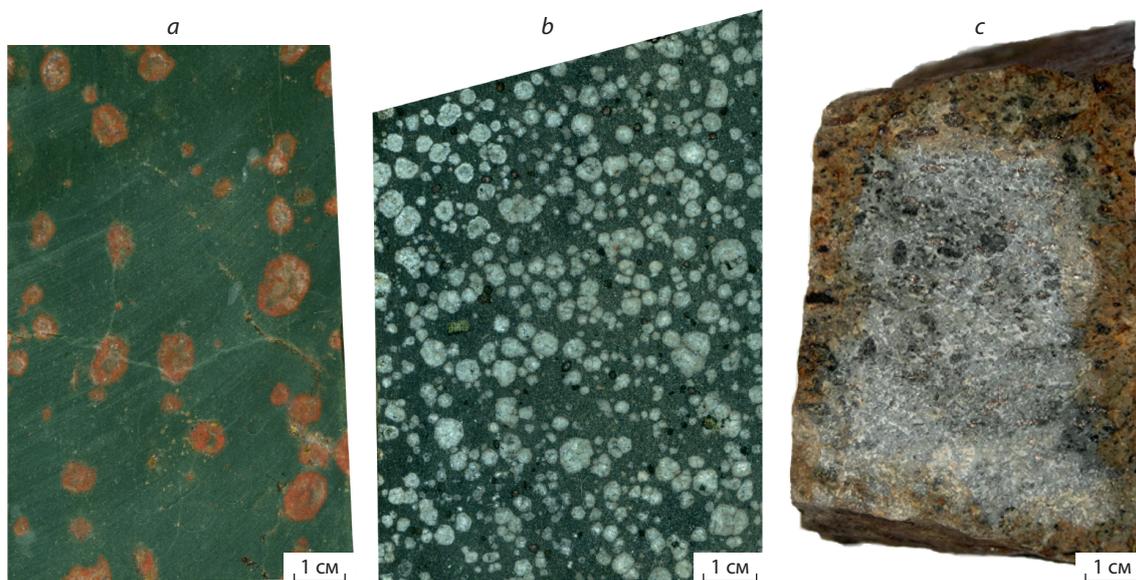


Рис. 6. Фото образцов участка Юрбетский:

a – псевдолейцитовый тингуаит эгириновый; *b* – псевдолейцитовый тингуаит эгирин-биотитовый; *c* – сельсбергит метасоматически изменённый с пирротинном

Fig. 6. Photo of samples Yurbetsk prospecting site:

a – pseudoleucite aegirine tinguait; *b* – aegirine-biotite pseudoleucite tinguait; *c* – metasomatically altered selvsbergite with pyrrhotite

чески отмечают Cu, Zn, Pd, Sb, Bi, Pb, Hg. По данным структурного травления уверенно выделяются три генерации золота: раннее низкопробное Au (585–613 ‰); позднее относительно низкопробное зональное Au (676–760 ‰); более позднее средней пробыности Au (801–876 ‰) с проявленной тонкой фазовой неоднородностью, образующее нарастание на низкопробном. Гипергенные преобразования проявлены слабо в виде тонких межзерновых высокопробных прожилков, в том числе по зонам дезинтеграции, точечной зародышевой коррозии и мелких обособлений золота пробыностью 961–986 ‰.

По минералого-геохимическим особенностям золотоносные руды Юрбетского участка могут быть разделены на три гипогенные минеральные ассоциации:

- золото-пиритовые руды в основном представлены одноимённой минеральной ассоциацией, развиты в контактах даек сиенит-пор-

фиров и минетт, а также в зонах дробления и кварцевого прожилкования;

- золото-серебряные руды главным образом сформированы серебро-сульфосольной минеральной ассоциацией. Характеризуются высокими содержаниями Ag (20–60 г/т) при низких содержаниях Au (0,2–0,3 г/т). Проявления связаны с метасоматическими и жильно-прожилковыми образованиями;

- золото-полисульфидные руды представлены одноимённой минеральной ассоциацией, в основном приурочены к кварцевым жилам и прожилкам.

Участок Якокутский расположен в центральной части грабен-впадины. Геологическое строение участка, как и в пределах всей грабен-впадины, определяется наличием двух структурных этажей – докембрийских сложнослоистых образований кристаллического фундамента и субгоризонтально залегающих на них осадочных пород платфор-



менного чехла. Породы терригенного и карбонатного чехла вмещают огромное количество мезозойских малых интрузий щелочного и щёлочноземельного составов. Их концентрация местами достигает 20–40 штук на один квадратный километр.

Преыдушие исследователи (И. И. Силин, И. Г. Баранов, 1975 г.; И. И. Силин, И. Е. Шкиря, 1976 г.) выделяли по возрасту и составу три разновидности мезозойских интрузивных пород:

1. Меланократовые щелочные породы переменного состава (от щелочных базальтоидов до щелочных перидотитов) – биотитовые и оливиновые шонкиниты и шонкинит-порфиры, перидотит-шонкиниты, ортоклазовые перидотиты и перидотит-порфиры. Согласно новой геологической легенде для Алданского района породы относятся к ряду лампрофиров – лампроитов (минетты, вогезиты, бостониты, лампроиты) среднеюрско-позднемелового возраста.

2. Мезократовые роговообманковые порфиры и сиенит-порфиры.

3. Лейкократовые щёлочноземельные и субщелочные сиенит-порфиры и ортофиры.

Вторая и третья группы относились к лебединскому комплексу позднеюрского–раннемелового возраста.

Лампрофиры и лампроиты на рудопроявлении имеют преимущественное распространение. Наибольшее скопление даек и пластообразных интрузий лампрофиров и лампроитов наблюдается в юго-восточной половине зоны Геохимическая.

Структурно-тектонический план участка определяется его положением в зоне влияния южного фрагмента Якокутского (северо-восточное простирание) и Юхтинского (северо-западное простирание) региональных разломов глубинного заложения (рис. 7; см. рис. 1, 2). При этом простирание Якокутского регионального разлома изменяется от северо-восточного на юге до субмеридионального на севере. Как было отмечено выше, в зоне сопряжения региональных разломов возникает узел сочленения разнонаправленных разрывных нарушений более высоких порядков, за счёт чего образуется зона трещиноватости с каркасно-блоковым строением повышенной «проницаемости», что создаёт наиболее бла-

гоприятные условия для их многократного подновления.

Региональные разломы сопровождается серия разноориентированных оперяющих разрывных нарушений второго и более высоких порядков, в пределах которых в результате неоднократного подновления в них формировались золотоносные гидротермально-метасоматические образования, развивающиеся по минерализованным зонам дробления, различно ориентированным дайкам субщелочного состава, тектоническим брекчиям и вмещающим песчаникам, а также в пологозалегающих пластообразных залежах в слабоизменённых углистых алевролитах юхтинской свиты.

В ориентировке даек щелочных пород в пределах участка Якокутский отчётливо выражены два главных направления: северо-западное и северо-восточное. Углы их падения варьируются в широком диапазоне значений (от 5–7 до 80°). Пластовые интрузии лампроитов наблюдаются в узлах пересечения даек различного простирания. В зонах северо-западного простирания морфология даек обычно сложная: они не выдержаны по простиранию, изобилуют раздувами, пластообразными ответвлениями, образуют локальные рои даек, соседствуют и пересекаются дайками пород лебединского комплекса. Интрузии северо-восточного простирания пунктирно выполняют протяжённые трещины длиной в несколько километров и лишь вблизи сочленения с разрывами других направлений содержат оперяющие и параллельные мелкие дайки (А. Н. Власов, 2008 г.).

Более ограниченно, в пределах участка, распространены малые интрузии сиенит-порфиров ранне-, позднемелового возраста, пересекающие все прочие мезозойские магматиты и имеющие преобладающее субмеридиональное простирание (см. рис. 1).

Сочетания разрывных нарушений различных порядков контролируют размещение интрузивных тел, гидротермально-метасоматических образований и рудных тел, формируют структуру участка.

Тектонические зоны северо-западного простирания вмещают интрузии широкого возрастного диапазона, от среднеюрских до позд-

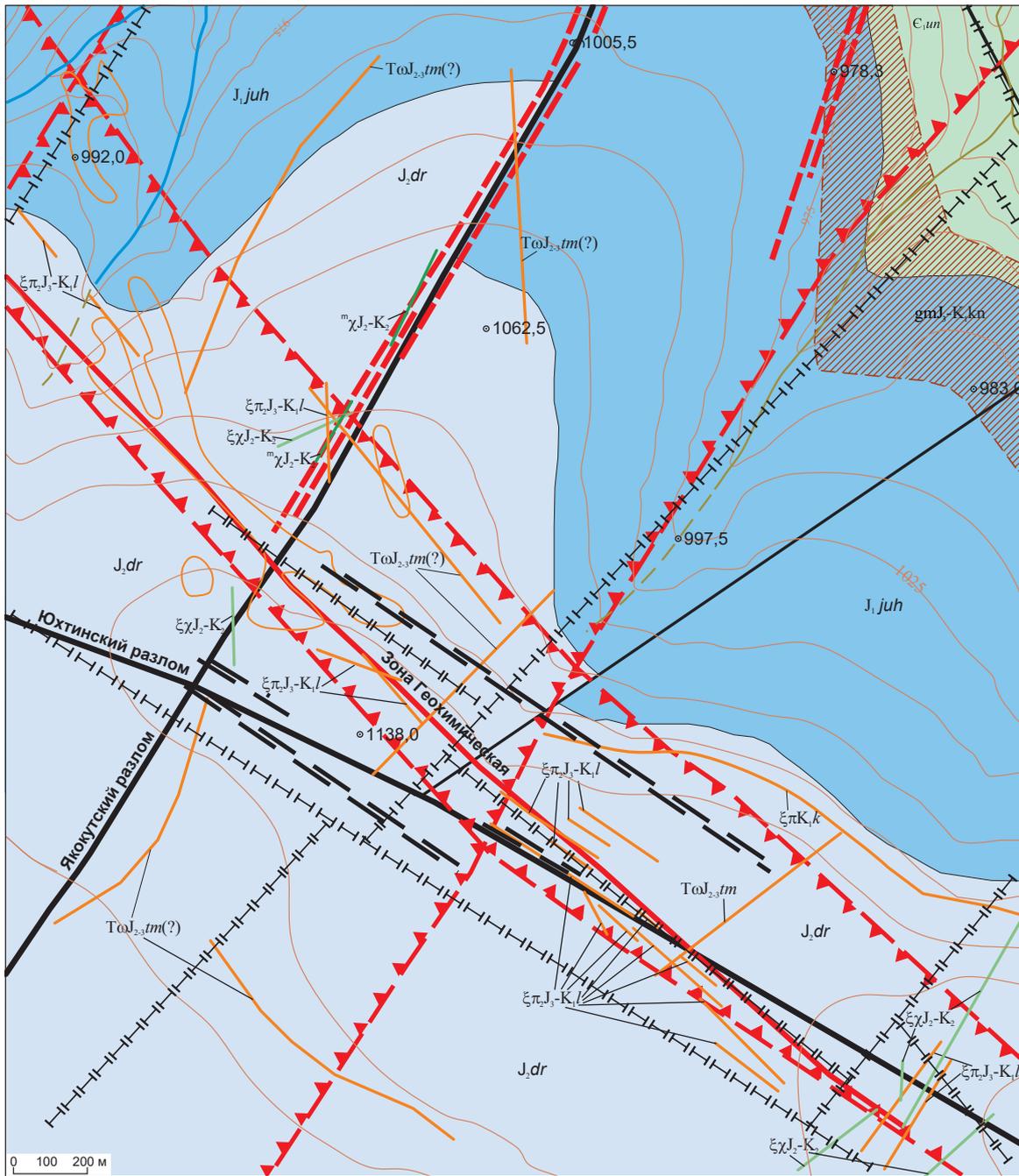


Рис. 7. Геологический план поискового участка Якутский (при составлении использованы картографические материалы: ГДП-200 АО «Якутскгеология»; с/а «Селигдар»; СПб ГГУП «СФ МИНЕРАЛ», 2018 г.; ФГБУ «ЦНИГРИ»):

усл. обозн. см. рис. 2

Fig. 7. Geological plan of the Yakokutsk prospecting site (based on cartographic materials GDP-200 of Yakutskgeologiya JSC; Seligidar village; St. Petersburg State Unitary Enterprise “SF MINERAL”, 2018; “FSBI TsNIGRI”):

see Fig. 2 for legend

немеловых, а также зоны тектонических брекчий, секущие меловые интрузии, что свидетельствует о неоднократном подновлении разломов этой системы.

Зоны тектонических брекчий – самые молодые дорудные разрывные структуры. Наиболее крупная из них является осевой частью зоны Геохимическая. Более мелкие линзы брекчий выявлены в пределах других зон северо-западного простирания и в ореоле оперяющих структур зоны Геохимическая.

Основная рудная зона имеет протяжённость 3,5 км, мощность от 2 до 16 м (в раздувах до 50 м), простирание 315–320, падение близкое к вертикальному или 80–85° на северо-восток. Зона оруденелых тектонических брекчий приурочена к сбросу северо-западного простирания, вмещающему кроме брекчий серии даек сиенитов и лампроитов. По сбросу установлена амплитуда смещения пород в 20 м.

На юго-восточном фланге рудная зона Геохимическая осложнена наличием узла сочленения разнонаправленных разрывных нарушений, трассируемых дайками различного состава. Непосредственно минерализованная зона Геохимическая выполнена метасоматитами кварц-лимонит-карбонатного, карбонат-кварц-лимонитового составов, часто разрушенными до глины и дресвы. Метасоматиты являются, по-видимому, самыми молодыми образованиями и развиваются как по песчаникам и алевролитам (а также по их брекчиям), так и по породам дайкового комплекса (А. Н. Власов, 2008 г.; И. И. Силин, И. Е. Шкиря, 1976 г.).

Золотое оруденение локализовано в окисленных (лимонитизированных) метасоматитах, брекчиях, а также в углистых плотных алевролитах, часто окварцованных и пиритизированных. Зона окисленных золотоносных метасоматитов прослежена скважинами до глубины 200 м.

В пределах минерализованной зоны Геохимическая предыдущими исследователями выделены три морфологических типа рудных тел:

- наибольшее количество рудных тел непосредственно приурочены к крутопадающей зоне брекчирования Геохимическая северо-

западного простирания и представлены лимонит-кварц-карбонатными метасоматитами, развитыми по тектоническим брекчиям;

- несколько рудных тел представлены субгоризонтально залегающими углистыми, сульфидизированными алевролитами в ви́сьячем боку крутопадающей золоторудной зоны, в северной её части; рудные тела визуаль­но не определяются и не выходят на дневную поверхность;

- одно рудное тело залегает практически вертикально в крутопадающей дайке лампроитов и приурочено к вертикальной зоне лимонит-кварц-карбонатных метасоматитов (рис. 8; см. рис. 3).

Все золоторудные тела характеризуются неравномерными содержаниями золота и изменчивыми мощностями. Попутные компоненты золотых руд проявления Геохимическое – Ag, Cu, Pb, Zn. Из них промышленный интерес представляет только серебро. Остальные компоненты в промышленно значимых концентрациях не выявлены.

Минералогическим анализом шлиха, полученного из протолок руд, выделены две ассоциации минералов (А. Н. Власов, 2008 г.):

- минералы, характерные для пирит-карбонат-кварцевых метасоматитов, – свободное золото рудного облика, рисовидный кварц, пирит, галенит, сфалерит, магнетит, киноварь, халькопирит, вторичные минералы меди, барит, ярозит, флюорит;

- минералы, характерные для пород дайкового комплекса лампроитов и лампрофиров, – хромшпинелиды, оливин, гранат, амфиболы, пироксены, флогопит, анатаз, циркон, корунд.

В ряде протолок обнаружены золотины рудного облика (А. Н. Власов, 2008 г.). Цвет их от жёлтого до ярко-жёлтого. Размерность, по классификации Н. В. Петровской [9], от очень мелкого (0,05–0,1 мм) до мелкого (0,1–0,4 мм), при этом мелкое золото отмечается значительно реже. В основном это комковатые, пластинчатые (но неокатанные) изометрические зёрна рудного облика, не завальцованные.

Отмечалась взаимосвязь количества сульфидов (в окисленных рудах лимонита) и содержания золота, что косвенно указывает на



нахождение золота в сульфидах. Рудные минералы тяготеют к трещинам в обломках изверженных пород, пустотам выщелачивания тёмноцветных минералов, границам скоплений зёрен калишпата. Кроме того, пирит присутствует во внешней зоне кварцевого цемента и в кварцевых прожилках.

Канавами, пройденными в последующие годы, в пределах Якокутского участка вскрыты золотосодержащие тела, представленные зонами дробления, выполненными метасоматитами кварц-лимонит-карбонатного, карбонат-кварц-лимонитового составов, кварцевыми брекчиями, дайками щелочного состава, песчаниками, часто окварцованными и пиритизированными. Морфология рудных тел, выявленных на участке, показана на рис. 8, 3 (В. В. Столяренко, 2020 г.).

В целом размер самородного золота участка Якокутский меньше, чем на Юрбетском. По результатам многократного структурного травления установлено, что золото участка Якокутский также несколько отличается от рассмотренных золотин участка Юрбетский. Оно характеризуется, помимо наличия сложных гетерофазных частиц с вариациями пробности внутри них от 487 до 993 ‰, широким распространением монозёрен, различающихся по пробности (714–784, 822–856, 487–670 ‰). Среди элементов-примесей постоянно отмечается повышенное содержание Те, периодически – Cu, Zn, Pd, Sb, Pb, Hg.

Золотоносные руды Якокутского участка по минералого-геохимическим особенностям могут быть разделены на две гипогенные минеральные ассоциации: золото-пиритовую и золото-серебряную.

Участок Пуриканский расположен на южном фланге Верхне-Якокутской грабен-впадины (Е. И. Бирюков, 2007 г.). С учётом сходства геолого-структурного строения Куранахской и Верхне-Якокутской грабен-впадин работы, в целях локализации объектов куранахского типа, проводились в Верхне-Якокутской грабен-впадине начиная с 60-х гг. прошлого века. Первые рудопроявления куранахского типа на границе карбонатных отложений раннего кембрия с юрской терригенной толщей были

обнаружены в 1961–1963 гг. в урочище «Ясная Поляна» на восточном фланге Верхне-Якокутской грабен-впадины, в пределах Джекондинского рудного поля. В настоящее время месторождение Ясная Поляна отрабатывается методом кучного выщелачивания ПАО «Селигдар». В дальнейшем здесь же был выявлен ряд аналогичных рудопроявлений (Г. М. Азанов, А. К. Олесинов и др., 1974 г.). При этом следует подчеркнуть, что и месторождение Ясная Поляна, и участок Пуриканский находятся в краевых частях Верхне-Якокутской грабен-впадины, где терригенные толщи юры имеют минимальную мощность или полностью эродированы, что идентично локализации куранахской группы месторождений и позволяет обработку открытым способом.

Строение площади участка в целом аналогично строению Верхне-Якокутской грабен-впадины. Кристаллический фундамент в пределах площади работ не обнажается. На площади участка развит сложный комплекс гидротермально-метасоматических образований, который является продуктом многостадийного кремне-щелочного метасоматоза, непосредственно связанного с мезозойским магматизмом. Наиболее древние относятся к позднеюрско-раннемеловому лебединскому монзонит-сиенитовому комплексу, представленному штоками, небольшими пластовыми телами и дайками щёлочноземельных сиенит-порфиров. Завершающими образованиями ранне-позднемелового этапа являются малые интрузии сиенит-порфиров, представленные эльконским щёлочногранитным комплексом.

Полихронными и наиболее глубинными являются малые интрузии щелочных лампрофиров и лампроитов среднеюрско-позднемелового возраста. Последние представлены дайками и пластовыми телами, которые тяготеют к доломитам унгелинской свиты и её контакту с терригенными отложениями юры. Мощность пластовых тел 3–15 м; к контактам приурочена слабая золотоносность.

Перспективность площади участка в региональном плане определяется его приуроченностью к узлу пересечения зон дофана-



стью и отчётливо проявлены лишь отдельными своими фрагментами, разбивающими совместно с разломами северо-западного простирания площадь на ряд простых блоков. Меньше всего на площади распространены разломы субмеридионального направления. Морфологически они интерпретируются как нарушения открытых трещин без вертикальных смещений, иногда контролируют размещение даек сиенит-порфиров. Разломы этой группы трактуются как наиболее молодые (см. рис. 9, 2).

На площади в узлах пересечения и сгущения систем разнонаправленных разломов выделяются несколько участков с выраженным каркасно-блоковым строением. Один из них – рассматриваемый участок рудопроявления Гладкое. В целом дизъюнктивная тектоника служит одним из определяющих рудоконтролирующих и рудо локализирующих геологических факторов.

Основными структурными элементами рудопроявления являются тектонические зоны северо-западного простирания с падением на северо-восток, контролирующие развитие большого количества маломощных пластовых тел оливин-флогопит-диопсидовых лампроитов, реже тел лампрофиров, часто интенсивно выветрелых и дезинтегрированных до состояния рыхлой суглинисто-супесчаной породы.

На золоторудном проявлении Гладкое скважинами поисковых буровых линий на контакте юрских терригенных отложений и нижнекембрийских карбонатных осадков обнаружены золотоносные образования предположительно доюрской коры выветривания: оруденелые суглинисто-обломочные карстовые породы с щебнем, дресвой и глыбами доломитов, песчаников и лампроитов; метасоматиты лимонит-гематит-кварцевого состава; песчано-глинистые отложения ржаво-бурого цвета с обломками песчаников; лимонитизированные осадочные брекчии. Состав брекчий существенно кварцевый с неравномерно распределёнными карбонатом, флюоритом, гематитом, лимонитом. Мощность карстовых депрессий от 20 до 80 м (рис. 10).

Выявленная морфология рудных тел – лентообразные залежи, вытянутые в северо-западном направлении, в ряде случаев под перекрывающимися их песчаниками юхтинской свиты.

Структурное положение данных образований определяется приуроченностью к северо-западной тектонической зоне, прослеженной профильной магниторазведкой и чётко дешифрируемой на аэрофотоснимках.

Выделяются три уровня золотого оруденения:

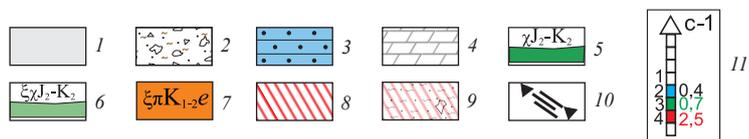
- в интервале абсолютных отметок 1270–1290 м, где оно приурочено к нижним частям разреза юрских песчаников и их контакту с карбонатной толщей;
- в интервале абсолютных отметок 1235–1260 м, где оно приурочено к переслаиванию доломитов, гумбеитов, лампроитов;
- в интервале абсолютных отметок 1285–1290 м, выделенном в восточной части, где золотое оруденение локализовано в карстовых образованиях на границе с реликтами юрских отложений (см. рис. 10) (Е. И. Бирюков, 2007 г.).

Содержания золота по отдельным керновым пробам в скважинах, вскрывших оруденелые образования, колеблются от 0,1 до 15,5 г/т.

Карстовые воронки с доюрской корой выветривания известны и на других участках Верхне-Якокутской грабен-впадины. Так, при проведении буровых работ в западной её части при разведке залежей Контактная и Таёжная северо-восточнее вершины массива Заметный, а также между участками Юрбетский и Якокутский рядом скважин также вскрыты карстовые полости, выполненные корами выветривания со слабой золотоносностью. Золото из месторождений этого типа хорошо изучено на ряде объектов, расположенных в аналогичной Куранахской грабен-впадине.

Минеральный состав руд определяется, с одной стороны, элементами первичного гидротермально-метасоматического генезиса, с другой – продуктами их окисления и дезинтеграции. Локально сохранившиеся первичные гидротермально-метасоматические образования представлены гумбеитами и пирит-

Рис. 10. Геологический разрез по линиям А–В, С–D, пройденный на поисковом участке Пуриканский (Е. И. Бирюков, 2007 г., с добавлением):

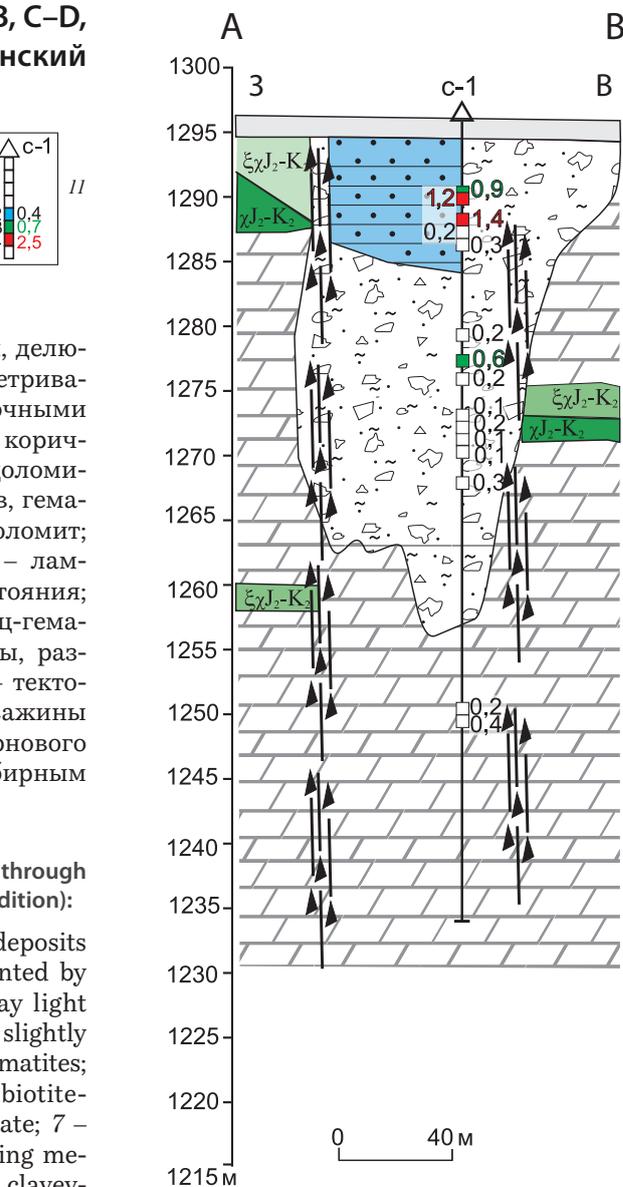


1 – нерасчленённые склоновые образования (элювий, делювий); 2 – отложения доюрской (триасовой) коры выветривания, представленные лимонитизированными осадочными брекчиями. Кора выветривания: глина светло-серая, коричневатая-серая, с щебнем, дресвой серых, тёмно-серых доломитов, слабоаморфизованных, песчаников, лампроитов, гематит-лимонитовых метасоматитов; 3 – песчаники; 4 – доломит; 5 – лампрофиры (оливин-биотит-пироксеновые); 6 – лампроиты, разрушенные до глинисто-суглинистого состояния; 7 – сиенит-порфиры; 8 – рудные метасоматиты, кварц-гематит-лимонитового состава; 9 – рудные метасоматиты, разрушенные до глинисто-суглинистого состояния; 10 – тектоническая зона (тектониты нерасчленённые); 11 – скважины колонкового опробования, их номера. Интервал кернового опробования с определением содержания золота пробирным анализом, г/т: 1 – < 0,4; 2 – 0,4–0,6; 3 – 0,6–1,0; 4 – > 1,0

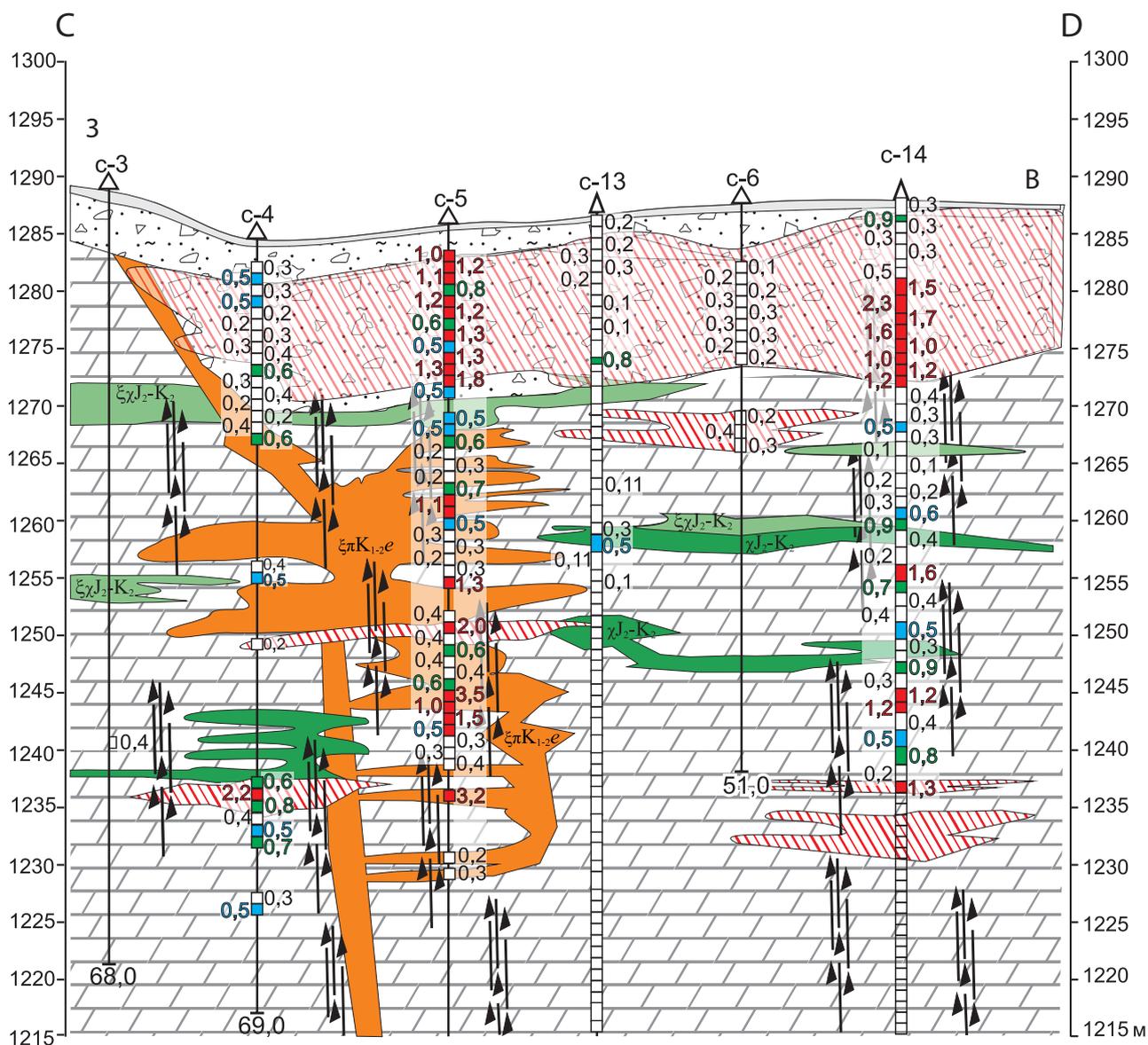
Fig. 10. Geological cross section along the lines A–B and C–D through the Purikansk prospecting site (E. I. Biryukov, 2007, with the addition):

1 – undivided slope formations (eluvium, diluvium); 2 – deposits of the pre-Jurassic (Triassic) weathering crust, represented by limonitized sedimentary breccia. Weathering crust: clay light grey, brownish grey, with fractions of dark grey dolomite, slightly marbled sandstone, lamproite, hematite-limonite metasomatites; 3 – sandstone; 4 – dolomite; 5 – lamprophyre (olivine-biotite-pyroxene); 6 – lamproite destroyed to a clayey-loamy state; 7 – syenite porphyry; 8 – quartz-hematite-limonite ore-bearing metasomatites; 9 – ore-bearing metasomatites destroyed to a clayey-loamy state; 10 – tectonic zone (undivided tectonites); 11 – core sampling wells, their numbers. Core sampling interval with determination of gold content by assay analysis, g/t: 1 – < 0,4; 2 – 0,4–0,6; 3 – 0,6–1,0; 4 – > 1,0

адуляр-кварцевыми метасоматитами (фельдшпатолитовой и аргиллизитовой метасоматическими формациями) [4, 5]. Первичные неокисленные метасоматиты распространены незначительно. В их составе из рудных минералов преобладает пирит, в небольших количествах присутствуют марказит, халькопирит, галенит.



Начиная с неогена (возможно, ранее) первичные руды подверглись интенсивным гипергенным преобразованиям. Вторичные руды представлены глинистыми, глинисто-алевритовыми отложениями, среди которых наблюдаются линзы кварцевой сыпучки, в разной степени выветрелых кварцевых и калишпатовых метасоматитов. При этом около 70–



90 % золота в куранахских месторождениях связано с вторичными гипергенными рудами, являющимися основным объектом добычи [2].

Золото представлено двумя генетическими разновидностями – остаточным и вторичным [8–10]. Остаточным называется золото, сохранившее признаки первичного эндогенного золота и частично преобразованное в гипергенных условиях. Оно наследует как гранулометрический состав первичного золота, так и морфологию его выделений. Вторичным

принято считать золото, образующееся при окислении золотосодержащих сульфидов с тонкодисперсным золотом.

Минеральный состав первичных руд разнообразен, однако все рудные минералы, кроме пирита, содержание которого в кварцевых метасоматитах составляет от нескольких процентов до 50 %, присутствуют в незначительном количестве.

Значительная часть золота куранахских месторождений заключена в пирите и продук-

тах его окисления. С. В. Яблоковой выделены три продуктивные минеральные ассоциации: золото-пирит-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая и золото-теллуридная, из них первая является основной.

Заключение. Учитывая вышеизложенное, модель рудного поля в пределах грабен-впадин, выполненных терригенными юрскими отложениями, включает следующие компоненты:

- грабен-впадина, ограниченная региональными разломами;
- двухчленный разрез осадочных пород платформенного чехла – подстилающий вендраннекембрийский карбонатный и рудовмещающий ранне-, среднеюрский терригенный;
- зоны субвертикальных и субгоризонтальных рудовмещающих разрывных дислокаций;
- как частный случай – относительная приближенность к границам грабен-впадины крупных субщелочных массивов;
- проявление гидротермально-метасоматических процессов в виде образования лимонит-кварц-калишпат-карбонатных, сульфидно-кварцевых метасоматитов и окварцевания, развивающихся по зонам дробления и брекчирования, интрузивным породам и вмещающим песчаникам;
- тектонические брекчии (в том числе с кварцевым цементом);
- пояса и серии даек, малых интрузивных тел в виде штоков и силлов, которые часто золотоносны и служат одним из факторов рудоконтроля;
- развитие разнообразной кварцевой минерализации, в том числе наличие кварцевых золотоносных жил;
- карстовые полости, локализованные на стратиграфическом контакте карбонатных пород раннего кембрия и песчано-алевролитовой толщи ранней юры, группирующиеся в цепочки вдоль рудо- и магмоконтролирующих структур различного простирания и выполненные золотоносным доюрскими корами выветривания;
- наличие шлиховых ореолов (россыпей) золота и штуфных проб с содержанием золота более 1 г/т;
- элювиально-делювиальные, обломочно-

глыбовые шлейфы и развалы жильного кварца, иногда с видимым золотом;

- геохимические ореолы золота, серебра, меди, вольфрама, свинца, мышьяка с содержаниями золота более 0,01 г/т.

Элементы модели Верхне-Якокутского рудного поля приведены в таблице.

Предлагаемая модель золоторудного поля в пределах грабен-впадин, сложенных терригенными отложениями, позволяет выделять в них зоны рудовмещающих дислокаций с повышенной «проницаемостью», ограниченные дофанерозойскими региональными разломами первого порядка или локализованные по периферии грабен-впадин над скрытыми субщелочными массивами или вулканоструктурами. Последнее обстоятельство приводит к возникновению дополнительной радиально-концентрической системы разломов, что подчёркивается наличием даек определённого состава, характерных только для этих участков.

Подобные зоны с каркасно-блоковым строением, фиксирующие узлы сопряжения региональных структур, благоприятны для их многократного подновления и отвечают наиболее перспективным поисковым участкам.

Особенностями карбонатно-терригенной толщи являются как чередование в разрезе пород с разными физико-механическими свойствами, способствующих образованию субгоризонтальных зон проницаемости, так и присутствие пачек, влияющих на процессы рудообразования благодаря наличию углистой составляющей.

В свою очередь, разрывные деформации в подстилающих карбонатных породах способствовали образованию интенсивно закарстованных зон с вмещающими золотоносными корами выветривания. Подобное ярусное строение обуславливает вертикальную зональность рудного поля.

Сопоставление минералогических характеристик рудопроявлений золота, приуроченных к различным участкам в пределах грабен-впадины, показало, что наибольшее разнообразие морфологических типов золоторудных проявлений с развитием различных продуктивных минеральных ассоциаций от-



мечается при совмещении зон региональных разломов и радиально структурных разломов, связанных с внедрением крупных субщелочных массивов (участок Юрбетский).

Были выделены три гипогенные минеральные ассоциации: золото-пиритовая, золото-серебряная и золото-полисульфидная минеральная. В относительно «чистом» виде руды двух первых типов проявлены в южной части площади на участке Якокутский. В рудных телах Юрбетского участка эти типы закономерно совмещены. Здесь же максимально развита золото-полисульфидная ассоциация.

Для Юрбетского участка характерна также наиболее высокая средняя крупность золота. В пределах подобных участков могут формироваться рудные тела различных морфологических типов и составов, не характерные для других участков, что определяет горизонтальную зональность рудного поля.

Общность тектоно-магматического развития грабен-впадин в потенциальных рудных районах Центрально-Алданской металлогенической зоны указывает на вероятность выявления общих закономерностей эндогенного оруденения в их пределах.

Список литературы

1. Билибин Ю. А. Послеюрские интрузии Алданского района. – Л. [СПб.]: АН СССР, 1941. – 164 с.
2. Ветлужских В. Г., Казанский В. И., Кочетков А. Я., Яновский В. М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных месторождений. – 2002. – Т. 44, № 6. – С. 467–499.
3. Дворник Г. П. Золоторудные метасоматические формации Центрально-Алданского района // Литосфера. – 2012. – № 2. – С. 90–105.
4. Ким А. А. Анализ минералогических особенностей самородного золота в первичных и окисленных рудах месторождений Центрального Алдана. Древние коры выветривания Якутии. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1975. – С. 109–127.
5. Ким А. А. Золото-теллуридно-селенидная минерализация в Куранахском месторождении // Записки Всероссийского минералогического общества. – 2000. – № 5. – С. 51–57.
6. Костюк В. П., Панина Л. И., Жидков А. Я., Орлова М. П., Базарова Т. Ю. Калиевый щелочной магматизм Байкало-Становой рифтогенной системы. – Новосибирск: Наука, СО, 1990. – 239 с.
7. Максимов Е. П., Уютов В. И., Никитин В. М. Перспективы мезозойского эндогенного оруденения в Центрально-Алданском рудном районе // Вестник Госкомгеологии. – 2004. – № 1. – С. 34–50.
8. Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н., Яблокова С. В., Шатилова Л. В. Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России / под ред. А. И. Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2003. – 184 с.
9. Петровская Н. В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 347 с.
10. Петровская Н. В., Яблокова С. В. Золото в корях выветривания. Рудоносные коры выветривания. – М.: Наука, 1974. – С. 173–182.
11. Шатова Н. В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Рябинового рудного поля (Южная Якутия): специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения»: автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Надежда Витальевна Шатова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2016. – 181 с.
12. Яновский В. М. Рудоконтролирующие структуры терригенных миогеосинклиналей. – М.: Недра, 1990. – 246 с.

References

1. Bilibin Y. A. Posleyurskie intruzii Aldanskogo raiona [Post-Jurassic intrusions of the Aldan region], St. Petersburg, AN SSSR Publ., 1941, 164 p.
2. Vetluzhskikh V. G., Kazanskii V. I., Kochetkov A. Y., Yanovskii V. M. Zolotorudnye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana [Gold deposits of the Central Aldan], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2002, V. 44, No 6, pp. 467–499. (In Russ.).
3. Dvornik G. P. Zolotorudnye metasomaticheskie formatsii Tsentral'no-Aldanskogo raiona [Gold ore metasomatic formations of the Central Aldan region], [Lithosphere], 2012, No 2, pp. 90–105. (In Russ.).
4. Kim A. A. Analiz mineralogicheskikh osobennostei samorodnogo zlota v pervichnykh i okislennykh rudakh mestorozhdenii Tsentral'nogo Aldana. Drevnie kory vyvetrivaniya Yakutii [Analysis of the mine-

- rological features of native gold in primary and oxidized ores of the deposits of the Central Aldan. Ancient weathering crusts of Yakutia], Yakutsk, YaF SO AN SSSR Publ., 1975, pp. 109–127.
5. Kim A. A. Zoloto-telluridno-selenidnaya mineralizatsiya v Kuranakhskom mestorozhdenii [Gold-telluride-selenide mineralization in the Kuranakh deposit], *Zapiski Vserossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva [Notes of the All-Russian Mineralogical Society]*, 2000, No 5, pp. 51–57. (In Russ.).
 6. Kostyuk V. P., Panina L. I., Zhidkov A. Y., Orlova M. P., Bazarova T. Y. Kalievyi shchelochnoi magmatizm Baikalo-Stanovoi riftogennoi sistemy [Potassium alkaline magmatism of the Baikal-Stanovoy rift system], Novosibirsk, Nauka Publ., 1990, 239 p.
 7. Maksimov E. P., Uyutov V. I., Nikitin V. M. Perspektivy mezozoiskogo endogenno go orudneniya v Tsentral'no-Aldanskom rudnom raione [Prospects for Mesozoic endogenous mineralization in the Central Aldan ore region], *Vestnik Goskomgeologii [Bulletin of the State Committee for Geology]*, 2004, No 1, pp. 34–50. (In Russ.).
 8. Nikolaeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N., Yablokova S. V., Shatilova L. V. Atlas samorodnogo zolota rudnykh i rossypnykh mestorozhdenii Rossii [Atlas of native gold of ore and placer deposits in Russia], Moscow, TsNIGRI Publ., 2003, 184 p.
 9. Petrovskaya N. V. Samorodnoe zoloto [Native gold], Moscow, Nauka Publ., 1973, 347 p.
 10. Petrovskaya N. V., Yablokova S. V. Zoloto v korakh vyvetrivaniya. Rudonosnye kory vyvetrivaniya [Gold in weathering crusts. Ore-bearing weathering crusts], Moscow, Nauka Publ., 1974, pp. 173–182.
 11. Shatova N. V. Rudonosnost' gidrotermal'no metasomaticheskikh obrazovaniy Ryabinovogo rudnogo polya (Yuzhnaya Yakutiya) [Ore potential of hydrothermal-metasomatic formations of the Ryabinovoye ore field (South Yakutia)], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2016, 181 p.
 12. Yanovskii V. M. Rudokontroliruyushchie struktury terrigenykh miogeosinklinalей [Ore-controlling structures of terrigenous miogeosynclines], Moscow, Nedra Publ., 1990, 246 p.

Авторы

Столяренко Владимир Валентинович

кандидат геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник¹
stolyarenko@tsnigri.ru

Минаков Алексей Викторович

главный геолог²
min.aldan@mail.ru

Рябощапко Алексей Геннадьевич

ведущий инженер¹
ryaboshapko@tsnigri.ru

Минаева Светлана Викторовна

ведущий инженер¹
minaeva@tsnigri.ru

Алфёрова Валерия Алексеевна

ведущий инженер¹
alferova@tsnigri.ru

¹ ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», г. Москва, Россия
² Алданское ОП, г. Алдан, Россия

Authors

Vladimir V. Stolyarenko

PhD
Leading Researcher¹
stolyarenko@tsnigri.ru

Alexey V. Minakov

Chief Geologist²
min.aldan@mail.ru

Alexey G. Ryaboshapko

Lead Engineer¹
ryaboshapko@tsnigri.ru

Svetlana V. Minaeva

Lead Engineer¹
minaeva@tsnigri.ru

Valeria A. Alferova

Lead Engineer¹
alferova@tsnigri.ru

¹ Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow, Russia
² Aldan OP, Aldan, Russia