

Многофакторная прогнозно-поисковая модель Куранахского золото-рудного месторождения

Сформирована многофакторная прогнозно-поисковая модель крупнейшего золоторудного месторождения Центрально-Алданской металлогенической зоны. По материалам предшествующих геологоразведочных работ (ГРР) определены поисковые критерии и признаки – магматические, литолого-фациальные, структурно-тектонические, морфологические, минералогические, геохимические и геофизические. Актуальность разработки такой модели определяется присутствием в рудном районе (РР) грабен-впадин, близких рудоконтролирующей Куранахской по строению и особенностям формирования и перспективных на выявление в их пределах золоторудных месторождений куранахского типа.

Ключевые слова: прогнозно-поисковая модель, куранахский тип, карстовые полости, метасоматиты, золото, субщелочные породы, дайки, разрывные нарушения.

СТОЛЯРЕНКО ВЛАДИМИР ВАЛЕНТИНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, stolyarenko@tsnigri.ru

ШАТИЛОВА ЛЮДМИЛА ВИКТОРОВНА, старший научный сотрудник, shatilova@tsnigri.ru

МИНАЕВА СВЕТЛАНА ВИКТОРОВНА, ведущий инженер, minaeva@tsnigri.ru

РЯБОШАПКО АЛЕКСЕЙ ГЕННАДЬЕВИЧ, старший инженер, ryaboshapko@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Multifactor forecasting and prospecting model of the Kuranakh gold deposit

V. V. STOLYARENKO, L. V. SHATILOVA, S. V. MINAEVA, A. G. RYABOSHAPKO

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TSNIGRI"), Moscow

A multifactor forecasting and prospecting model has been compiled for the largest gold deposit in the Central Aldan metallogenic zone. Based on the previous geological exploration results, the magmatic, lithofacial, tectono-structural, morphological, mineralogical, geochemical, and geophysical prospecting criteria and features were determined. The relevance of development of such a model is determined by that the ore region contains graben-shaped depressions similar to the ore-controlling Kuranakh depression in structure and formation conditions, that are promising for discovering of Kuranakh type gold deposits within them.

Key words: Forecasting and prospecting model, Kuranakh type, karst cavities, metasomatites, gold, subalkaline rocks, dikes, faults.

*«Поиски рудных образований на площади Куранахского рудного поля велись с 1947 по 1953 гг., прежде чем дали ощутимый результат.»
Отчёт Ксёнга В. А. 1966 г., стр. 155.*

Введение. Задача создания моделей эталонных золоторудных месторождений является ключевой в научно-практическом обосновании и проведении геологического изучения, прогнозирования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. В России первые крупные работы в области моделирования месторождений твёрдых полезных ископаемых были выполнены в ЦНИГРИ под руководством А. И. Кривцова.

Цель работы – разработка прогнозно-поисковой модели месторождения куранахского типа, состоящей из системы базовых понятий и выражающейся системой структурно-геологических критериев прогноза и поисков руд.

Актуальность создания прогнозно-поисковой модели месторождения куранахского типа, расположенного в пределах Куранахской грабен-впадины, определяется сходными условиями формирования подобных грабен-впадин, что предопределило сходство их геологического строения и, как следствие, высокую степень вероятности нахождения в их пределах подобных золоторудных объектов.

Данное обстоятельство позволяет рассчитывать на выявление золоторудных объектов куранахского типа в карбонатно-терригенных толщах *Южно-Якутской системы* мезозойских грабен-впадин, Верхне-Якутской, Ытымджинской, Гынымской и других, входящих в состав потенциально перспективных рудных районов Центрально-Алданской металлогенической зоны – Ломамского, Тыркандинского, Верхне-Амгинского и др.

Перспективы выявления золоторудных объектов в пределах грабен-впадин, выполненных терригенными отложениями юры, определяются:

- доказанной связью эндогенной золотоносности с мезозойским щелочным магматизмом, выявленным помимо крупных магматических ареалов в мезозойских впадинах, в пределах которых широко развиты малые интрузии и дайковые поля щелочных-субщелочных пород, являющиеся продуцентами золотого оруденения не только своеобразного лебединского, но и куранахского типов, проявленного в специфической обстановке контакта кембрийской известняково-доломитовой и юрской терригенной толщ;
- широким развитием в пределах грабен-впадин неоднократно подновлявшихся региональных зон дофанерозойских разломов первого порядка, имеющих важное магмоконтролирующее значение.

Необходимо отметить, что в перечисленных перспективных рудных районах выявлен ряд золоторудных проявлений этого типа. Наиболее значимыми в прогнозном отношении на выявление рудных тел куранахского типа, в силу их лучшей изученности, являются Верхне-Яко-

кутская, Ытымджинская и Гынымская грабен-впадины, а также терригенные отложения юры в карстовых воронках, известные в пределах Верхне-Амгинского РР. Именно в их пределах известны как косвенные, так и прямые признаки наличия объектов куранахского типа. В пределах Верхне-Якутской грабен-впадины выявлено одно месторождение куранахского типа Ясная Поляна, обрабатываемое в настоящее время ПАО «Селигдар».

Куранахский золоторудный узел расположен в северной части Центрально-Алданского рудного района, Центрально-Алданской металлогенической зоны, на водоразделе рек Большой Куранах и Якукут. Район является наиболее хорошо изученным золоторудным районом Алдано-Станового щита, в пределах которого известны крупные и уникальные по запасам месторождения золота.

Среди них необходимо отметить такие золоторудные объекты, как Лебединское, Гора Рудная (Морозкинское), Рябиновое, Лунное, Самолазовское, Гарбузовское, Зверевское, месторождения Куранахской группы, а также золотосодержащие урановые и молибден-урановые месторождения Эльконского рудного узла (рис. 1).

В пределах Куранахского рудного узла, в междуречье Селигдара и Якукута, в начале 1950-х гг. были открыты и разведаны в нижнекембрийских доломитах и юрских песчаниках крупные субгоризонтальные золоторудные залежи месторождений Центрального, Бокового, Северного, Порфириового, Канавного, Якукутское, Новое Дэлбэ и ряда других, из которых добыча золота (по Б. И. Беневольскому) ведётся с 1957 г., на протяжении более шестидесяти лет. За это время здесь были добыты более 350 т золота. На сегодняшний день разведанные запасы золота составляют 75,5 т со средним содержанием его в рудах 3,3 г/т. Месторождения обрабатываются ОАО «Алданзолото».

Генезис Куранахской группы месторождений на протяжении многих лет остаётся предметом дискуссий среди различных исследователей. По мнению М. М. Константинова, это месторождение «одно из самых необычных и загадочных в мире». Одни исследователи относят его к плутоническим, другие – к древним корам выветривания. Изучением Куранахской группы месторождений в разные годы занимались Н. В. Петровская, М. В. Бородаевская, В. А. Ксёнга, В. Г. Ветлужских, В. И. Уютов, А. И. Казаринов, В. И. Казанский, А. Я. Кочетков, А. А. Ким, В. М. Яновский, В. И. Леонтьев, Е. П. Максимов, С. В. Яблокова и многие другие исследователи. В наше время интерес к Куранахской площади опять возрос, так как потенциал площади до конца ещё не исчерпан. Отсюда возникли вопросы

о доразведке старых площадей и поиске новых перспективных участков, сложенных терригенной толщей юры–мела. На этих площадях, как правило, нет выходов крупных щелочных интрузивов. Однако здесь широко развиты дайковые поля щелочных-субщелочных пород, известные в Куранахской, Верхнеякутской

и других впадинах. Возможно также наличие «слепых» интрузивов и сопряжённого с ними прожилково-вкрапленного оруденения, на что указывает тектоническая и гидротермальная проработка песчаников, высокий метаморфизм углей, шлиховые ореолы золота. Широкое развитие процессов низкотемпературного окварцевания

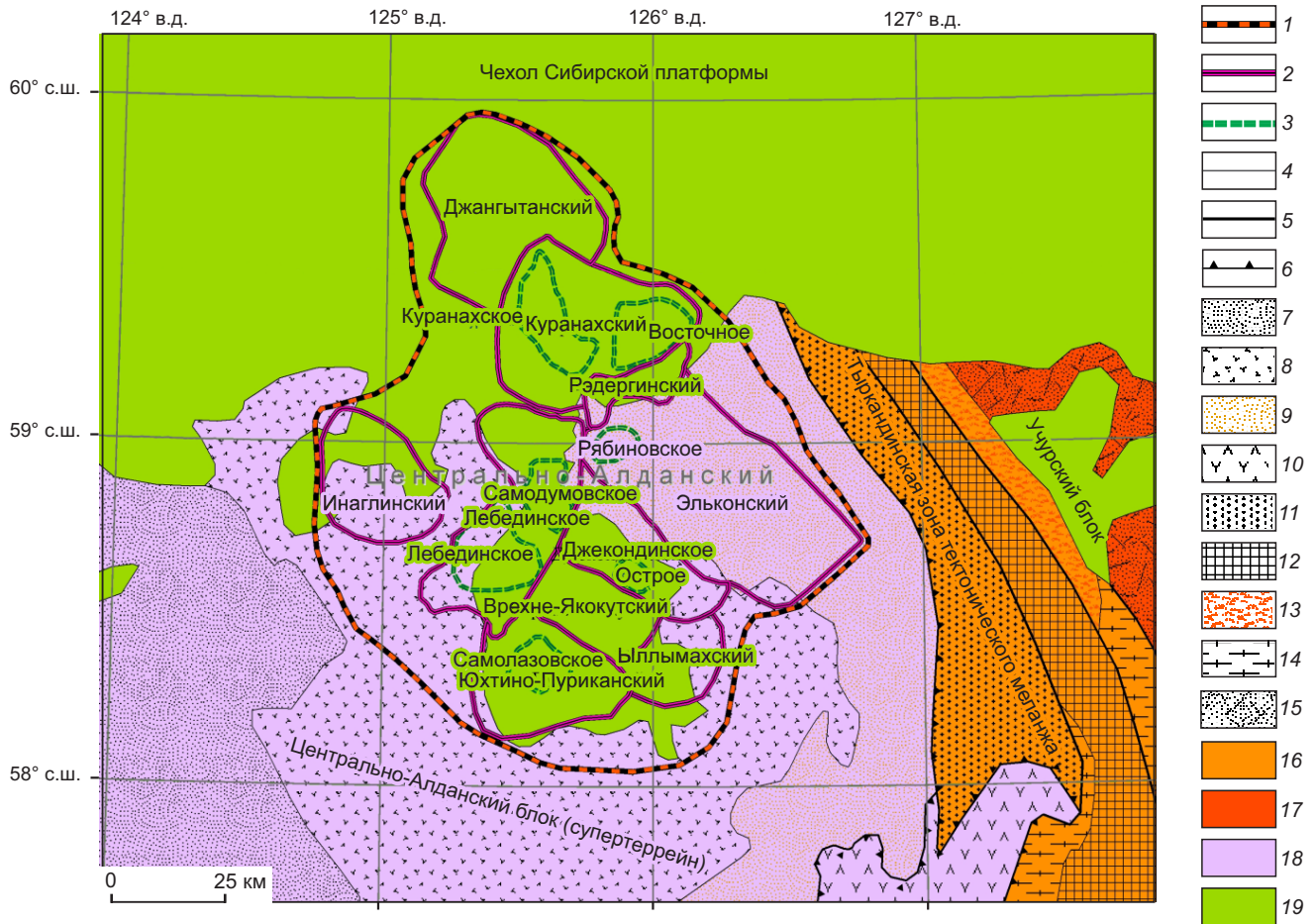


Рис. 1. Положение Центрально-Алданского рудного района на региональной тектонической схеме Алданского щита [19] (Е. А. Лаубенбах, 2007):

1 – рудный район; 2 – рудный узел; 3 – рудное поле; 4 – границы комплексов; 5 – вертикальные (или субвертикальные) разломы; 6 – надвиги; 7 – кварциты и высокоглинозёмистые гнейсы с линзами кальцифиров, глинистых диопсидовых кварцитов, гранитогнейсы; 8 – гранитогнейсы, чарнокит-гнейсы, эндербито-гнейсы с линзами кристаллических сланцев; 9 – амфиболовые, биотит-амфиболовые, диопсид-амфиболовые, двупироксен-амфиболовые плагиогнейсы, реже сланцы с прослоями и линзами диопсидовых флогопит-диопсидовых пород и кальцифиров; 10 – гранат-биотитовые гнейсы и плагиогнейсы, гиперстен-биотитовые, двупироксеновые и диопсид-амфиболовые плагиогнейсы; 11 – гиперстеновые, гиперстен-диопсидовые, гиперстен-диопсид-амфиболовые плагиогнейсы с прослоями и линзами двупироксен-амфиболовых кристаллических сланцев, известково-силикатных и диопсидовых пород; 12 – гранат-биотитовые плагиогнейсы с прослоями известково-силикатных пород, кварцитов и высокоглинозёмистых гнейсов; 13 – гнейсограниты; 14 – биотитовые, гранат-биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы, диопсидовые известково-силикатные породы, кальцифиров; 15 – гранат-биотитовые, гранат-гиперстеновые гнейсы и плагиогнейсы с линзами кварцитов; 16 – Тыркандинская зона тектонического меланжа; 17 – Учурский блок; 18 – Центрально-Алданский блок (супертеррейн); 19 – чехол Сибирской платформы

(развитие джаспероидов), тонкоигльчатого арсенопирита и глинистых образований, сходных с аргиллизитами, дало основание некоторым исследователям проводить аналогии между месторождениями Куранаха и Карлинской группы в США [12].

Геологическое строение. Куранахский рудный узел, в состав которого входят Куранахское и Нижне-Якоkitское рудные поля, в структурно-тектоническом отношении расположен на пересечении Байонай-Эльконской тектоно-магматической зоны с субмеридиональным поясом щелочных и умеренно-щелочных даек позднего этапа мезозойской тектоно-магматической активизации. В геологическом строении рудного узла участвуют стратифицированные образования, представленные сложнодислоцированными метаморфическими породами раннего и позднего архея, входящими в состав кристаллического фундамента, терригенно-карбонатными осадками венда-раннего кембрия и терригенными отложениями ранней юры, образующими осадочный чехол. Все вышеперечисленные разновозрастные породы перекрыты маломощным чехлом кайнозойских образований.

Кембрийские карбонатные отложения представлены усть-юдомской, тумулдурской, унгелинской и олекминской свитами. Отложения олекминской (?) свиты выделялись ранее как куторгиновая свита [24] (Э. Ф. Баранов, 1991). Её отложения, представленные доломитами и известняками, согласно перекрывают унгелинскую свиту, завершая наблюдаемый на территории разрез нижнего кембрия. Отложения свиты сохранились лишь на самых высоких участках водоразделов в междуречьях Селигдар-Якоkit, Большой Куранах-Якоkit и на правом берегу р. Якоkit. Большая часть месторождений и рудопроявлений куранахского типа локализована в этой свите, реже они приурочены к унгелинской и тумулдурской свитам (рис. 2). Размытая поверхность кембрийских известняков с параллельным денудационным несогласием перекрывается маломощным (до 70 м) прерывистым чехлом песчаников нижней юры, сохранившимся фрагментарно в центральной части Куранахской впадины и приуроченным к мелким тектоническим блокам (рис. 3). Положение золоторудных месторождений Куранахского рудного узла в стратиграфическом разрезе показано на рисунках 2 и 3.

Характерной особенностью узла является его блоковое строение, что отражает существенную роль блоковых перемещений при мезозойской активизации. Установлено ступенчатое опускание блоков от южной и северной периферии узла к его центру, осевой части широтной синеклизы.

Золоторудные объекты размещаются в пределах опущенных блоков и контролируются зонами региональных разрывных нарушений субмеридионального простирания (355° – 0°), осложнёнными разломами северо-западных и северо-восточных направлений. Рудоконтролирующие субмеридиональные структуры пред-

ставляют собой зоны дробления и трещиноватости, зоны сближения малоамплитудных (первые десятки км) сбросов, по которым проходят ступенчатые опускания блоков, с образованием серии линейных микрограбенов, трассируемых зонами региональных разломов. Последние сопровождаются узкой приразломной складчатостью в толще осадочных пород.

Важным элементом структуры Куранахского рудного узла являются протяжённые дайки субщелочных пород, с которыми парагенетически связана золоторудная минерализация. По составу здесь преобладают биотит-пироксеновые, роговообманковые и роговообманково-полевошпатовые сиениты и сиенит-порфиры, трахиты; менее распространены фельзиты, кварцевые порфиры, минетты, бостониты и магматические брекчии. Наблюдаются также пластовые интрузии щелочных сиенитов, авгитовых сиенитов, минеттов, ортофиоров, а также небольшие штоки. Мезозойские интрузии выполняют ряд разрывных нарушений северо-северо-западного простирания, контролирующих рудные залежи.

В местах пересечения вертикальных и горизонтальных рудоконтролирующих структур размещены рудные тела сложной конфигурации. Жилообразная часть рудных тел бывает связана с крутопадающей щелевидной карстовой полостью, а под экраном юрских песчаников формируется залежь, состоящая из серии полых рудных линз (рис. 4).

Главной особенностью строения месторождений являются широко распространённые на контакте кембрия и юры коры выветривания, сохранившейся в карстовых воронках, возникших на некоторой глубине от поверхности контакта. Современная морфология рудных тел в значительной мере определяется очертаниями и размерами карстовых полостей.

Палинологический анализ образцов карстового наполнения (более 120 проб с разных участков рудного поля) показал полное отсутствие пыльцы и спор, растительных остатков, что, по мнению Ю. С. Маслова [17], подтверждает изначально подземный характер карстовых полостей.

Как было сказано выше, в пределах Куранахского узла выделяются Куранахское и Нижне-Якоkitское рудные поля, имеющие ряд незначительных отличий.

Куранахское рудное поле объединяет бассейны нижних течений рек Селигдар, Большой Куранах и водораздел рек Селигдар-Якоkit. Оно включает ряд месторождений (Боковое, Порфирированное Центральное, Северное, Южное, Новое и др.), а также ряд проявлений и пунктов минерализации. Куранахское рудное поле характеризуется наличием нескольких протяжённых субпараллельных зон разрывных нарушений и даек близмеридионального простирания, с которыми связаны практически все известные месторождения и рудопроявления. Выделяются следующие структурные зоны:

1. Главная (центральная), контролирующая размещение таких месторождений, как Северное, Порфирированное,

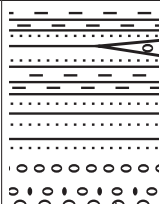






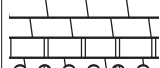


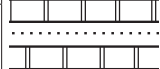
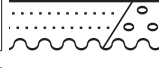
Акротема	Эонотема	Эратема	Система	Отдел	Индекс	Колонка	Мощность, м	Характеристика пород							
Фанерозойская	Мезозойская	Юрская	Нижний		<i>J_{juh}</i>		180–200	Юхтинская свита. Грубозернистые аркозовые песчаники с прослоями гравелитов, конгломератов, конгломерат-брекчий, углисто-глинистых сланцев, углистых алевролитов в батальном горизонте. В алевролитах остатки <i>Neocalamites</i> sp., а также спор и пыльцы <i>Pinus</i> sp., <i>Coniopteris</i> , <i>Selaginella</i> sp	Куранахский тип						
							100–130	Олекминская(?) свита. Верхняя подсвита. Глинистые доломиты и известняки серые мелкозернистые тонкослоистые							
							100–130	Олекминская(?) свита. Нижняя подсвита. Известняки и доломиты тёмно-серые мелкозернистые массивные							
							150–200	Унгелинская свита. Тонкозернистые и пелитоморфные доломиты с прослоями брекчиевидных оолитовых доломитов и кремней							
							120–150	Тумулдурская свита. Верхняя подсвита. Серые, желтовато-серые доломиты, содержащие желваки и линзы кремней							
							120–150	Тумулдурская свита. Нижняя подсвита. Серые мелкозернистые, иногда массивные битуминозные доломиты с прослоями известковистых, строматолитовых доломитов и линзами оолитовых доломитов и кремней							
						Протерозойская	Верхне-протерозойская	Вендская	Нижний		<i>€_{1ps}</i>		50–75	Пестроцветная свита. Пёстроокрашенные мергели в переслаивании с мергелистыми доломитами, серыми доломитами	Лебединский тип
											<i>V-€_{1ujd3}</i>		200–220	Усть-Юдомская свита. Верхняя подсвита. Доломиты светлых тонов с прослоями битуминозных доломитов, известняков	
											<i>V-€_{1ujd2}</i>		200–220	Усть-Юдомская свита. Средняя подсвита. Доломиты серых тонов с прослоями и линзами битуминозных, кремне-оолитовых доломитов, доломитовых конгломератов и брекчий	
											<i>V-€_{1ujd1}</i>		200–220	Усть-Юдомская свита. Нижняя подсвита. Доломиты с вкрапленностью терригенного кварца и прослоями песчаных разностей. В основании линзы гравелитов, гравелито-песчаников, конгломератов	
Архейская					<i>ARfd₂</i>		800–1000	Федоровская свита. Средняя подсвита. Диопсид-роговообманковые кристаллосланцы, плагиогнейсы, плагиомигматиты, реже двупироксеновые и гиперстеновые кристаллосланцы, диопсидовые породы, мраморы	Тимптонская серия						
					<i>ARfd₁</i>		1700–2000	Федоровская свита. Нижняя подсвита. Двупироксен-роговообманковые, реже роговообманково-плагиоклазовые, диопсид-плагиоклазовые, биотит-амфиболовые, диопсид-скаполитовые кристаллосланцы и гнейсы. В основании линзы диопсидовых, кварц-плагиоклаз-диопсидовых, диопсид-скаполит-плагиоклазовых пород, перидотитов и пироксенитов							

Рис. 2. Позиция золотого оруденения лебединского и куранахского типов в разрезе осадочного чехла, представленного терригенно-карбонатными отложениями венда–раннего кембрия и терригенными отложениями юры:

колонка составлена в разных масштабах

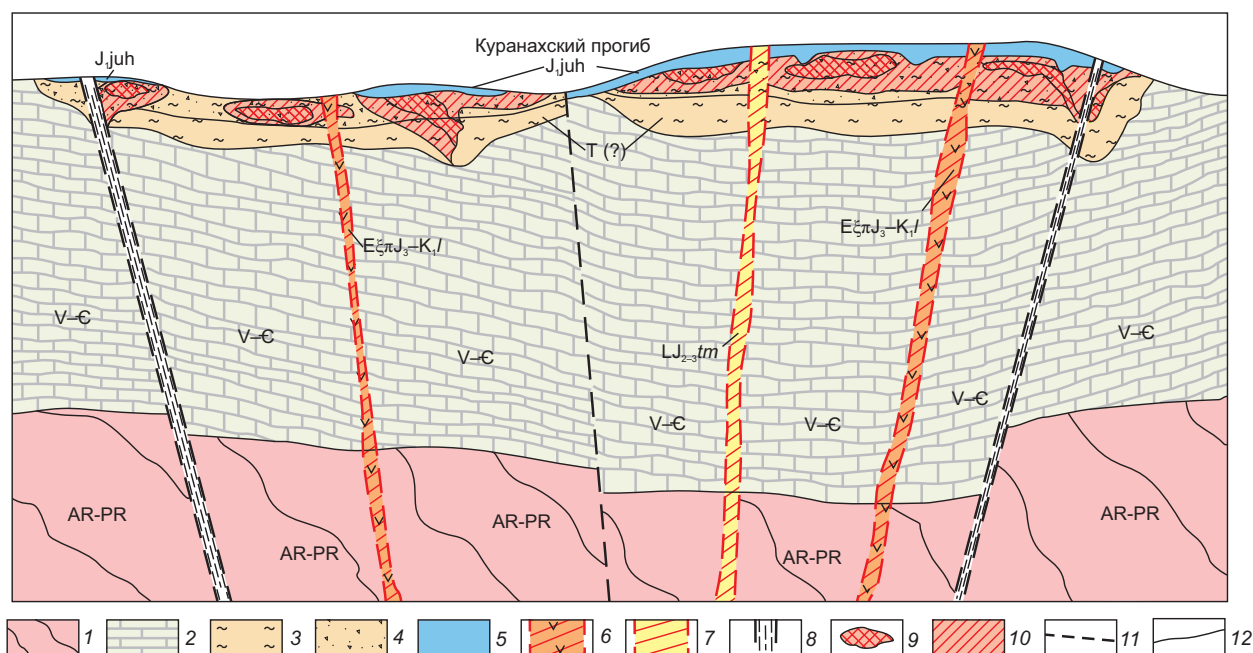


Рис. 3. Обобщённая геологическая модель месторождения куранахского типа:

1 – кристаллические породы фундамента (AR-PR); 2 – карбонатные породы платформенного чехла, (V-Є); 3–4 – доюрская остаточная кора выветривания по карбонатным породам: 3 – глинистая остаточная кора выветривания (Т(?)), 4 – золотосодержащие песчано-глинистые отложения доюрских кор выветривания, выполняющие линейные карстовые полости (Т(?)); 5 – юрская система, юхтинская свита (алевролиты и глинистые сланцы с прослоями песчаников и конгломератов) (J_{juh}); 6 – лебединский интрузивный комплекс: дайки щелочных сиенит-порфиров ($E_{\text{л}}J_3-K_1/l$); 7 – томмотский интрузивный комплекс: дайки ортофиоров, лампрофиоров, лампроитов ($LJ_{2-3}tm$); 8 – крутопадающая зона дробления с жильно-прожилковой золото-сульфидно-кварцевой минерализацией; 9 – контуры рядовых руд; 10 – контуры бедных руд; 11 – разломы; 12 – геологические границы

Центральное, Якокутское, Канавное. Общая протяжённость зоны 25 км. Ширина рудных зон в отдельных участках достигает трёх километров.

2. Западная зона контролирует размещение месторождений Боковое, Первухинское, Южное и Новое общей протяжённостью 10 км. Наиболее крупное из них – месторождение Боковое, рудные тела которого почти непрерывно вытянуты на 5 км (см. рис. 4).

Все месторождения близки по структуре, морфологии, вещественному составу и геохимическим особенностям и представляют собой, вероятно, части некогда единого крупного золоторудного объекта. Границы месторождений проводятся, как правило, условно.

Площадь рудного поля располагается в наиболее опущенной части Куранахской грабен-впадины, шириной 15–20 км и протяжённостью до 30 км. Осадочный карбонатный чехол имеет здесь максимальную мощность (около 650–700 м), субгоризонтально залегая на архейских породах фундамента. Известняки отличаются значительной пористостью, содержат неравномерно

рассеянное органическое вещество и повсеместно пиритизированы.

Нижнеякокутское рудное поле включает правобережье р. Якокут в её нижнем течении. Рудное поле объединяет месторождения коренного золота Дальнее, Дэлбинское, Дорожное, Гагарское, Правое, Енные и др. По генезису, условиям локализации, вещественному составу аналогичны месторождениям, расположенным в пределах Куранахского рудного поля, но с некоторыми отличиями, в основном в структуре, что и послужило основанием для выделения этого рудного поля. Эти отличия заключаются в следующем:

1) северо-западная ориентировка рудоконтролирующих разрывных структур (для Куранахского рудного поля ориентировка субмеридиональная);

2) меньшая насыщенность дайками минетт нижнекуранахского комплекса;

3) преимущественно линейный характер распространения золотоносных отложений в отличие от площадного для Куранахского рудного поля;

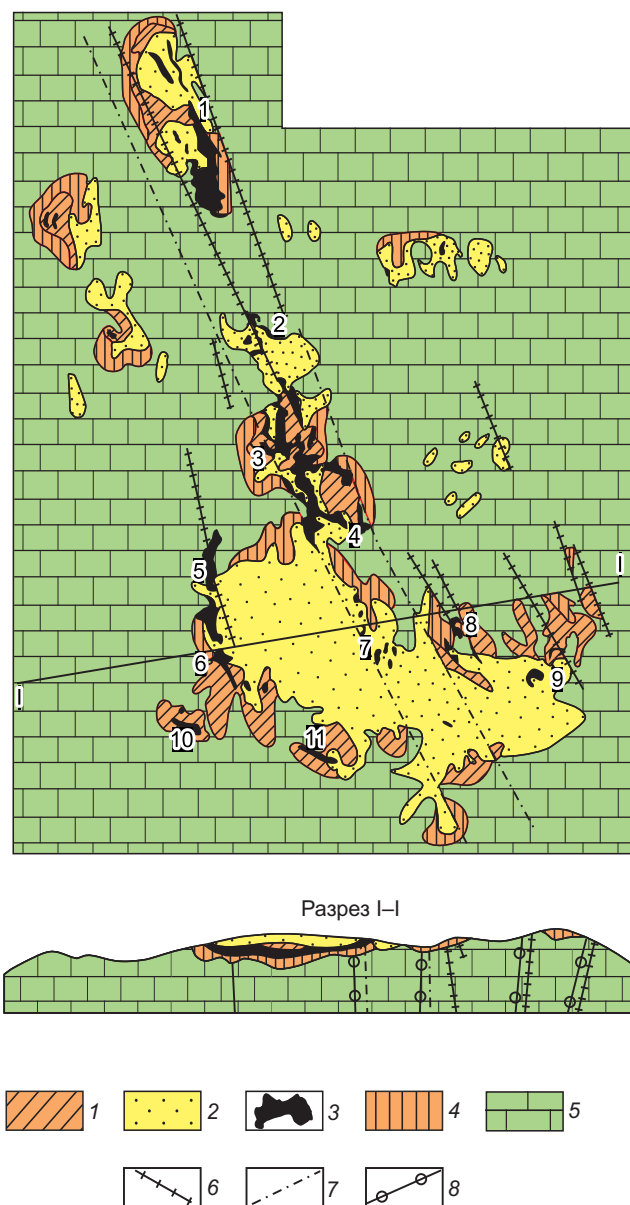


Рис. 4. Схематическая геологическая карта и разрез Куранахского рудного узла [3]:

1 – материал коры выветривания; 2 – нижнеюрские песчаники и конгломераты со слабой золотоносностью; 3–4 – отложения карстовых полостей: 3 – промышленные залежи, 4 – слабозолотоносный материал доюрской и современной коры выветривания; 5 – карбонатные породы нижнего кембрия; 6 – послеюрские–керсантитовые дайки и лакколитообразные тела, дайки сиенит-порфиоров, авгит-биотитовых порфиоров; 7 – тектонические нарушения; 8 – предполагаемые гидротермальные жилы; месторождения: 1 – Северное, 2 – Порфиоровое, 3 – Центральное, 4 – Якокутское, 5 – Бокое, 6 – Первухинское, 7 – Канавное, 8 – Дэлбэ, 10 – Южное (Залежь Южная), 11 – Новое

4) локализация рудных залежей в карбонатных породах тумулдурской и унгелинской свит (для Куранахского рудного поля – в олекминской (?));

5) большой, примерно на 20–30 м, эрозионный срез;

6) меньшая контрастность и масштабы оруденения;

7) большая в связи с более интенсивным эрозионным срезом контрастность вторичных ореолов золота (С.М. Мудрик, 1995).

Месторождения Нижнеякокутского поля приурочены к восточному флангу Куранахской грабен-впадины, где продукты разрушения нижнеюрских отложений обнаруживаются лишь в карстовых полостях. Размещение оруденения контролируется разрывными структурами Эмельджакской зоны разломов северо-западного простирания. Краткая характеристика месторождений Куранахского рудного узла приведена в таблице 1.

Терригенные отложения нижней юры в пределах Куранахского узла залегают на размытой поверхности олекминской и реже унгелинской свит в виде элювиально-делювиальных развалов в древних карстовых полостях. Карстовые зоны (воронки), заложенные в пост-юрское время, выполнены рыхлыми грубообломочными отложениями с глинисто-песчаным цементом. Обломки представлены породами кембрия, юры и мезозойских субщелочных даек, претерпевшими окварцевание, пиритизацию и калишпатизацию. Калиевый и кварцевый метасоматоз наиболее интенсивно проявился на контакте кембрийских и юрских пород.

Пирит-карбонат-калишпатовые, пирит-калишпатовые и калишпатовые метасоматиты, (гумбеиты) являются наиболее ранними, дорудными образованиями и распространены вдоль контактной зоны кембрийских и юрских пород в виде многочисленных прослоев. Гумбеиты представляют собой мелкозернистые почти мономинеральные калишпатовые метасоматиты мощностью от 0,3–0,5 до 5,0–10,0 м, регионально распространённые, в том числе в районах, где мезозойский магматизм не проявлен. На основании этого предполагается, что процесс гумбеитизации имеет автономный, оторванный от магмогенеза характер развития [27, 28]. В рудных телах они наблюдаются в виде обломков, а во вмещающей карбонатной толще образуют субгоризонтальные, линзовидные и пластообразные залежи мощностью от нескольких миллиметров до первых метров. В пределах рудного поля они пользуются широким распространением. По данным бурения, в центральной части Куранахской грабен-впадины в осадочном чехле наблюдаются 25 горизонтов гумбеитов мощностью до 2–5 м [28]. Гумбеиты содержат в разных количествах вкрапленники пирита, пирита и флюорита или только флюорита. Золотоносность их редко превышает 1 г/т. Интрузивные породы также подвержены калишпатизации.

Кварцевые метасоматиты (джаспероиды) менее распространены и развиваются вдоль тектонических зон

1. Характеристика золоторудных объектов Куранахского рудного узла [6]

№ п/п	Рудно-формационный или геолого-промышленный тип	Объект (название месторождения или рудопроявления)	Рудовмещающие комплексы Морфология	Рудные тела			Балансовые запасы $ABC_1 + C_2$	Освоенность
				Содержание главного полезного компонента от—до среднее	Попутные компоненты			
1	Куранахский сульфидно-кварцевый тип, гипергенно изменённых и переотложенных в карстовых полостях кор выветривания	Боковое	Песчано-глинистая триасовая кора выветривания в карстовых полостях на контакте карбонатных пород венда и терригенных пород юры	Лентовидные тела залежного типа, реже крутопадающие минерализованные зоны, форма тел определяется строением карстовых полостей	2,446	8888	Разрабатываемое	
2	Куранахский сульфидно-кварцевый тип, гипергенно изменённых и переотложенных в карстовых полостях кор выветривания	Дорожное	Песчано-глинистая триасовая кора выветривания в карстовых полостях на контакте карбонатных пород венда и терригенных пород юры	Лентовидные тела залежного типа, реже крутопадающие минерализованные зоны, форма тел определяется строением карстовых полостей	1,967	6577	Разрабатываемое	
3	Куранахский сульфидно-кварцевый тип, гипергенно изменённых и переотложенных в карстовых полостях кор выветривания	Дэлбэ	Песчано-глинистая триасовая кора выветривания в карстовых полостях на контакте карбонатных пород венда и терригенных пород юры	Лентовидные тела залежного типа, реже крутопадающие минерализованные зоны, форма тел определяется строением карстовых полостей	1,898	21 323	Разрабатываемое	

по кремнесодержащим доломитам кембрия и песчаника юры, иногда накладываясь на гумбеиты. В окварцованных карбонатных породах развит тонкозернистый халцедоновидный кварц.

Главный продуктивный этап представлен низкотемпературными пиритизированными кварцевыми метасоматитами различного состава – пирит-адуляр-кварцевые, пирит-кварцевые, кварц-калишпат-каолинит-гидрослюдистые, кварц-калишпат-монтмориллонитовые, каолинит-гидрослюдистые, монтмориллонит-нон-тронитовые. Предполагается, что они образовались в результате низкотемпературного (100–200 °С) процесса аргиллизации, которому подверглись гумбеиты, карбонатные породы и песчаники (А. Н. Угрюмов, В. В. Карелин, В. И. Уютов, 1978). В полнопроявленных продуктах процесса присутствуют пирит-адуляр-кварце-

вые метасоматиты, наиболее устойчивые к гипергенезу и обычно отождествляемые с первичными рудами. Непосредственных взаимоотношений гумбеитов и пирит-адуляр-кварцевых метасоматитов не наблюдается, однако в последних часто присутствуют реликты калишпатовых метасоматитов. Первичные неокисленные метасоматиты распространены незначительно. В их составе из рудных минералов резко преобладает пирит, в небольших количествах присутствуют марказит, халькопирит, галенит.

Породы фундамента и чехла прорваны мезозойскими интрузиями субщелочного состава (роговообманковые сиенит-порфиры, бостониты, керсантиты, минетты), которые образуют пластовые тела и дайки близмеридионального простирания. Дайки минетт, бостонитов и сиенит-порфиров трассируют зоны субмеридиональных

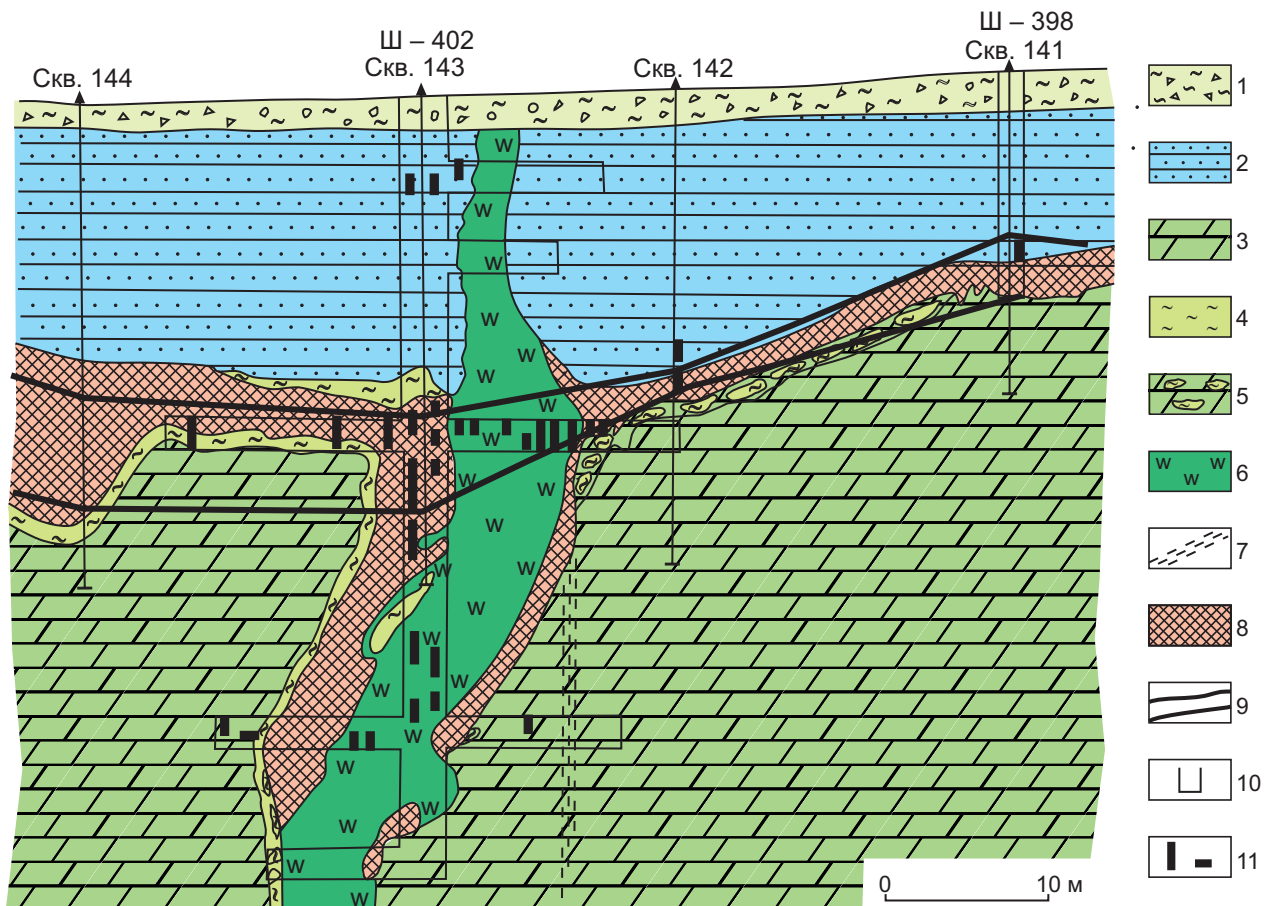


Рис. 5. Золотоносность дайки минетты на месторождении Порфировом (В. А. Ксенз, И. И. Силин, 1966):

1 – деллювий; 2 – юрские песчаники с прослоями алевролитов и конгломератов; 3 – карбонатные породы олекминской свиты нижнего кембрия; 4 – прослои и прожилки вязкой глины; 5 – реликтовые глины по карбонатным породам кембрия; 6 – мезозойская дайка минетт; 7 – зоны тектонитов, разломы; 8 – золоторудное тело; 9 – контур балансовых запасов; 10 – штольня и её номер; 11 – интервалы с промышленным содержанием золота

разломов, контролирующих рудные залежи. В ряде случаев дайки по простиранию прослеживаются на расстоянии около 30 км. По протиранию морфология даек весьма изменчива и характеризуется наличием раздувов и пережимов. В среднем их мощность составляет 2–7 м, в раздувах она достигает 20–80 м. На контактах кембрийских и юрских пород вдоль депрессий дайки образуют пластообразные субгоризонтальные апофизы длиной до 80 м. Контакты даек с вмещающими породами неровные и, как правило, содержат оторочки расланцованных вмещающих пород мощностью 10–20 см (В. А. Ксёنز, И. И. Силин, 1966). Иногда по рудоподводящим дайкам минетт, сиенит-порфиоров и др. развито золотое оруденение, вплоть до образования промышленных руд (рис. 5) (В. М. Яновский, В. Г. Ветлужский, В. А. Амузинский и др., 1984). В процессе разработки месторождения Надежда была выделена крутопадающая минерализованная зона дробления, развивающаяся по системе тектонических нарушений и представленная дезинтегрированными и метасоматически изменёнными доломитами и дайками сиенитового состава.

По результатам пробирного анализа установлено, что золотоносными являются катаклазированные и брекчированные доломиты и изменённые породы сиенитового состава (среднее содержание 2,4 г/т). В настоящее время зона обрабатывается (рис. 6) [14, 15].

По данным [1, 4], на Куранахском рудном поле нижезолотоносных карстовых полостей разведочными скважинами вскрыты фрагменты крутопадающих зон трещиноватости, рассматриваемые как рудоподводящие структуры. В карбонатных породах на глубинах 260–500 м присутствуют зоны крутопадающих карбонатных прожилков, содержащих пирит. По единичным пробам, мелкозернистый пирит содержит десятки г/т золота и сотни г/т серебра.

На месторождении Боковом скважинами на глубине 80 м в крутопадающей зоне дробления в кембрийских доломитах мощностью до 5 м встречены руды, представленные глиной с обломками известняков и кварц-гематит-лимонитовой руды с содержаниями золота 2,0–4,5 г/т (В. М. Яновский, В. Г. Ветлужский, В. А. Амузинский и др., 1984).

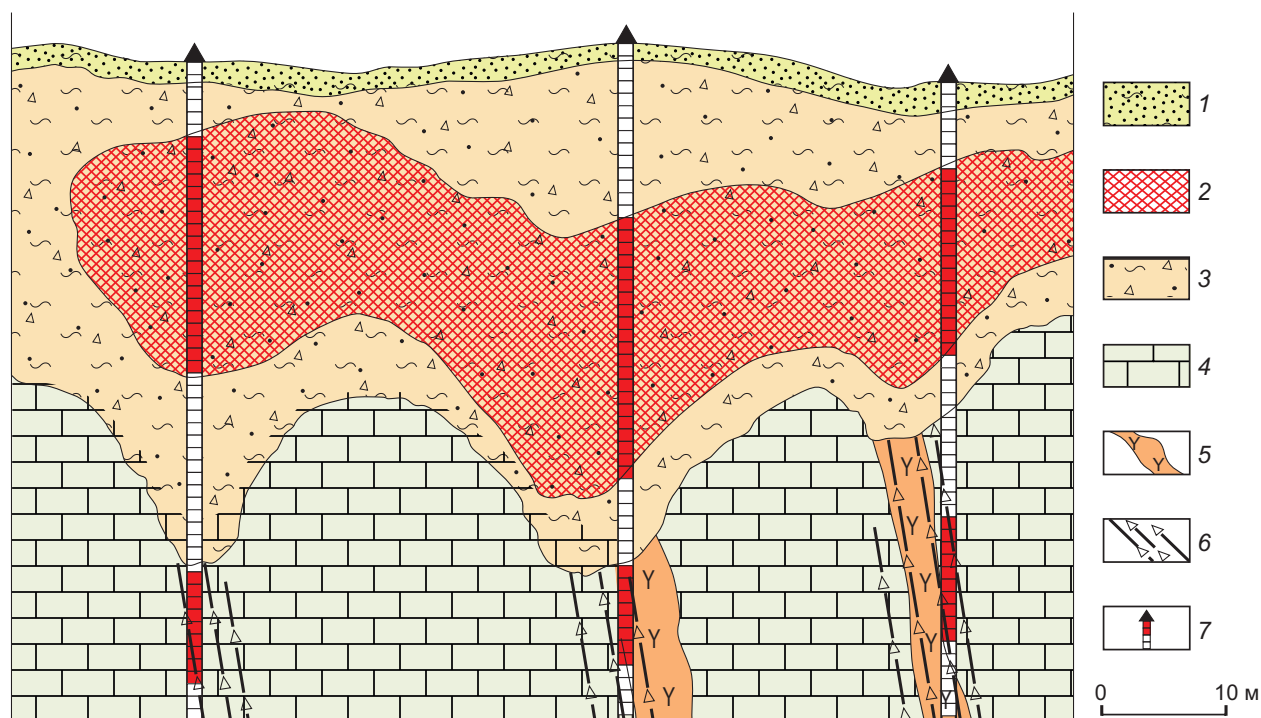


Рис. 6. Схематичный разрез месторождения Надежда [14, 15]:

1 – делювий; 2 – обломочные песчано-глинистые отложения с промышленными содержаниями золота; 3 – золото-содержащие обломочные песчано-глинистые отложения кор выветривания, выполняющих линейные карстовые полости; 4 – доломиты; 5 – дайки сиенит-порфиоров; 6 – тектоническая брекчия по доломитам; 7 – интервалы опробования скважин

Форма рудных тел. Как отмечено выше, рудные залежи локализируются в пределах зон ограниченной ширины, расположенных главным образом вдоль даек и, как правило, вытянутых параллельно последним. Залежи в большинстве своём перекрыты маломощным чехлом юрских пород (до 10 м), но на месторождении Канавном перекрывающая толща пород достигает

15–38 м. На некоторых участках рудные тела выходят на поверхность.

Предполагается, что первоначальная форма рудных тел Куранахских месторождений была пластообразная в виде залежей, иногда сложной формы (рис. 7). Однако эта форма претерпела значительные изменения в процессе карстообразования и в настоящее время определяется, прежде всего, очертаниями и размерами карстовых воронок. Последние в свою очередь достаточно сложно построены и содержат как разрушенные и перемещённые рудные залежи, так и рудные выветрелые тела *in situ*. Рудные тела в настоящее время представляют собой залежи лентообразной, плащеобразной формы с сильно извилистыми контурами, с раздувами и пережимами. Золоторудная минерализация имеет площадной характер. Площадь отдельных месторождений колеблется от 1,5 (Новое) до 15 км² (Северное), а в целом по рудному полю достигает 30 км². В результате доразведки и эксплуатационных работ первоначальные параметры рудных тел, а также месторождений сильно изменились, а в отдельных случаях их границы соединились. Эксплуатационными работами подтверждено, что залежи, как правило, повторяют рельеф дна погребённых карстовых полостей. На одних участках рудные тела выходят на древнюю поверхность, на других находятся под покровом юрских отложений (рис. 8).

Установлено, что кровля рудных тел прямолинейна, со стороны лежачего бока контуры более сложные, изобилуют западинами в карбонатных породах. При этом отмечается очень чёткая приуроченность верхнего контакта к базальному слою конгломератов среднеюрских пород.

Рудные тела в настоящее время представляют собой, как правило, рыхлую глинисто-дресвяно-щебенистую, реже супесчано-глыбовую массу, выполняющую карстовые полости различных размеров. По морфологии выделяются три типа полостей:

- воронкообразной и щелевидной формы, глубина которых в 3–4 раза превышает их ширину, средняя глубина составляет 70–100 м, а ширина 20–40 м;
- блюдцевидной или чашеобразной формы, глубина которых либо равна ширине, либо несколько меньше её. Глубина воронок этого типа достигает 10–30 м, а ширина 10–40 м;
- сложного строения – долинного и котловинного типов, для которых характерны ступенеобразные борта, глубина до 100 м, ширина в несколько сотен метров [17] (Г. П. Березин, Г. С. Протопопов, Л. Ф. Бураков, 1975; С. М. Мудрик, 1995; Л. К. Сергеева, М. Г. Тарасова, 1988).

Многочисленные зарисовки стенок карьеров, геологическая документация полностью отработанных рудных тел говорят о том, что большинство залежей имеют в плане изометричную или вытянутую в северном направлении форму с отчётливым сужением в глубину. Изменчивость их формы по вертикали, значительная

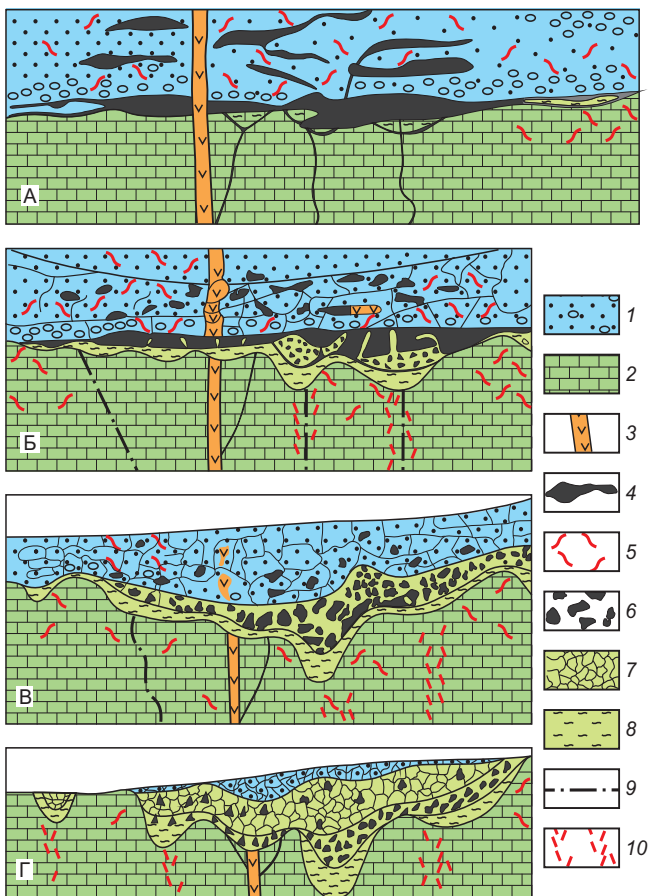


Рис. 7. Схема формирования месторождения Куранах [3]:

этапы: А – формирования первичных рудных тел, Б – закрытого карстования, В – открытого карстования; Г – современное состояние рудных тел в разрезе; 1 – песчаники с прослоями конгломератов (Jtv); 2 – известковистые доломиты; 3 – дайки сложного состава; 4 – первичные рудные тела кварц-пиритового состава; 5 – окварцевание и пиритизация; 6 – песчано-глинистые рудоносные массы с обломками окисленной руды и песчаников; 7 – обломочный материал песчаников и конгломератов с глиной и песком; 8 – желтоватые и бурые реликтовые глины; 9 – тектонические трещины; 10 – трещиноватые зоны в доломитах

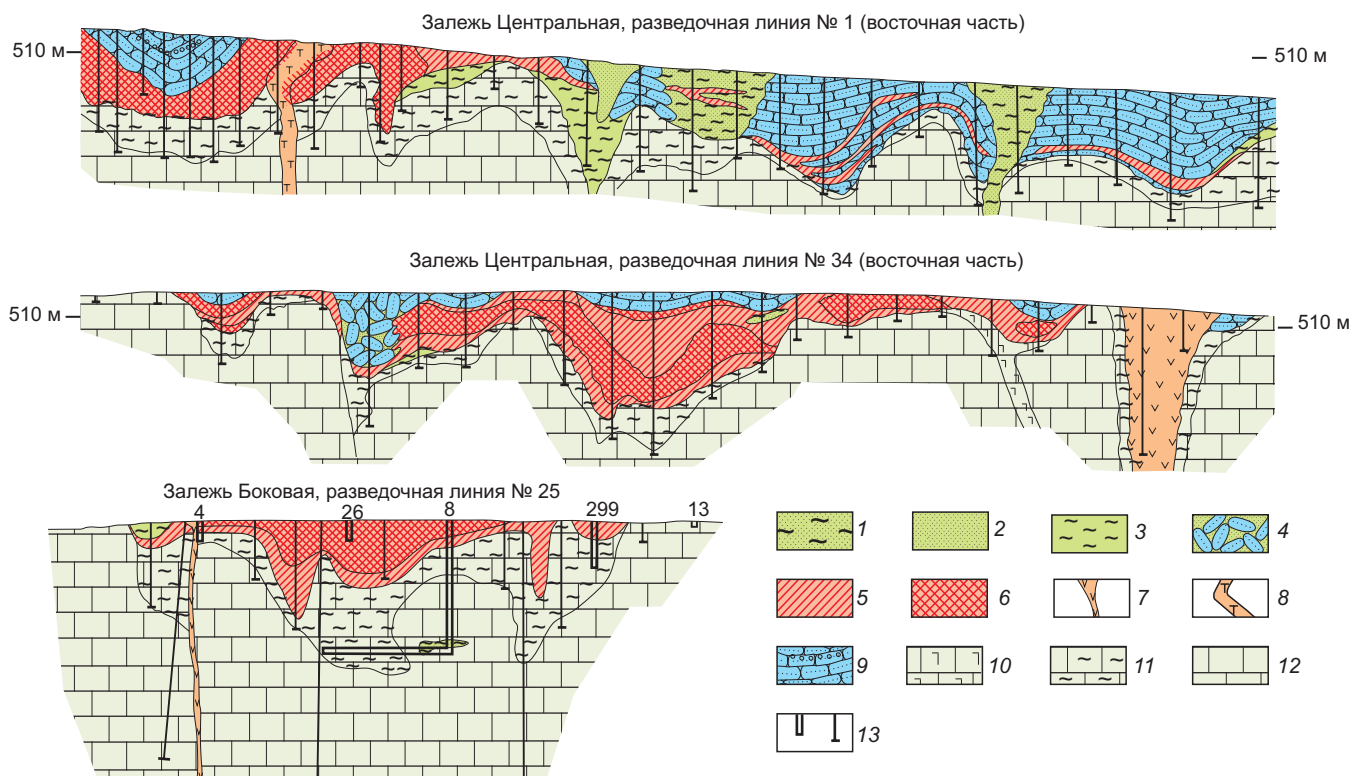


Рис. 8. Строение рудных тел Куранахского месторождения в разрезе [7]:

1 – глинистые пески делювиальные и карстовые; 2 – пески делювиальные и карстовые (Q); 3 – глины делювиальные и карстовые (Q); 4 – грубообломочные песчановые карстовые отложения (Q); 5–6 – обломки золотоносных кварцевых метасоматитов, гидротермально изменённых известняков, доломитов, песчаников, сцементированные песчано-глинистым материалом, пропитанным гидроксидами железа; 5 – золотоносные породы с непромышленным содержанием золота (1–2 г/т); 6 – руда с промышленным содержанием золота (>2 г/т); 7 – дайки гидротермально изменённых биотит-пироксеновых сиенит-порфиров; 8 – дайки биотит-пироксеновых сиенит-порфиров (р); 9 – аркозовые песчаники с редкими прослоями конгломератов (J1); 10 – калишпатизированные известняки и доломиты; 11 – реликтовые глины по карбонатным породам кембрия; 12 – доломиты и известняки кембрия; 13 – горные выработки

площадь конечного сечения наблюдаются в средней части карстовых полостей. Нередки чередования раздувов с пережимами, перемены оруденения.

Размеры рудных тел колеблются в широких пределах: мощность – от 1 до 40 м (средняя 5–20 м), ширина – от 20 до 100 м, длина – от сотни метров до нескольких километров (рис. 9).

В поперечном сечении залежи имеют сравнительно простые контуры. Их кровля, как правило, субпараллельна стратиграфическому контакту юры и кембрия, а со стороны подошвы контуры залежей более сложные, часто «прогнуты», что обусловлено проседанием пород при площадном карстовании (см. рисунки 8 и 10). На месторождениях Дорожном и Порфириновом отмечаются признаки ярусного строения залежей, промышленное рудное тело расщепляется на 2–3 парал-

лельные ленты. Между ярусами обычно наблюдаются слои песчаников или песчано-глинистого материала. На месторождениях Боковом и Порфириновом от рудных залежей во вмещающие породы отходят апофизы – жилы и прожилки с промышленным содержанием золота (см. рис. 5).

В пределах рудных тел отмечаются монолитные участки плотных существенно кварцевых гидротермально-метасоматических образований, которые не подверглись переотложению вследствие проседаний при карстовых процессах. В пределах залежи Боковая шурфами вскрыт подобный малоизменённый участок горизонтальной залежи, представленной окисленными пирит-адуляр кварцевыми метасоматитами. В северной части рудного поля (месторождение Порфириновое) наблюдаются ненарушенные процессами карстования

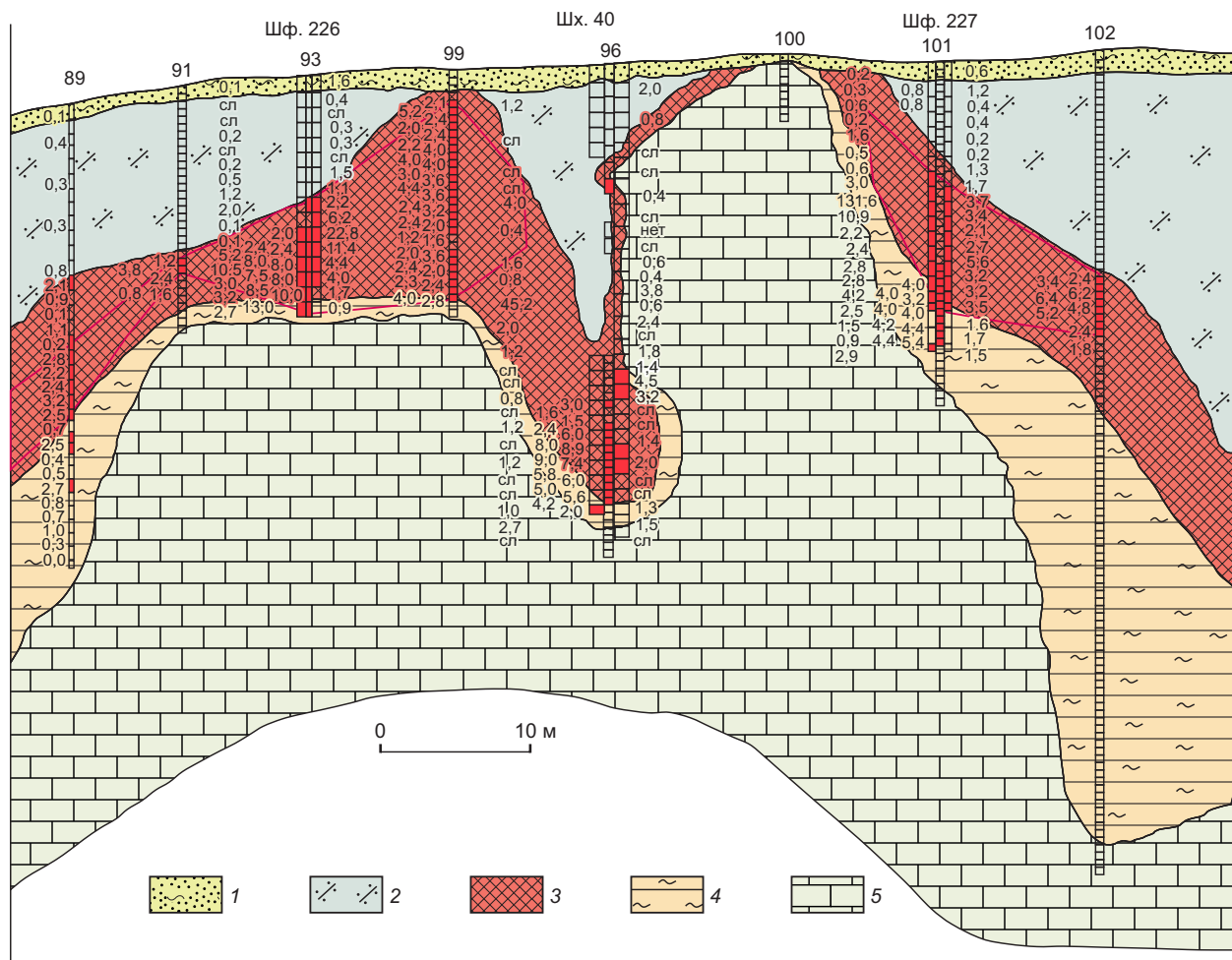


Рис. 10. Выкопировка из разреза по линии 5 месторождения Центральное (масштаб 1 : 500) (В. А. Ксёنز, И. И. Силин, 1966):

1 – делювий; 2 – юрские песчаники и песчаные породы, породы подконгломератовой толщи; 3 – золоторудная залежь; 4 – остаточная кора выщелачивания; 5 – трещиноватые карбонатные породы

участки юрской толщи, пересечённые дайковыми телами. Рудное тело также представляет собой горизонтальную залежь. Для подобных монолитных участков характерны наиболее высокие содержания (рис. 11).

От вмещающих пород рудные тела обычно отделены горизонтом непостоянной мощности рыхлых выщелоченных карбонатных пород. При этом породы могут сохранять первичные текстурные признаки – слоистость, систему трещиноватости.

Кроме горизонтальных пластообразных залежей выделяются также «рудные столбы» – рудные тела в узких щелевидных, жёлобо-, мульдо- и воронкообразных карстовых полостях, образующих сложный лабиринт впадин. В местах пересечения вертикальных и гори-

зонтальных рудоконтролирующих структур размещены особенно сложные тела (месторождение Дорожное). Жилообразная часть рудных тел бывает связана с крутопадающей щелевидной карстовой формой, выше, под юрскими песчаниками формируется горизонтальная или пологая залежь (см. рис. 5). Характерно резкое повышение мощности рудных тел, расположенных вблизи крутопадающих рудоподводящих структур и даек субщелочного состава (Г.М. Азанов, А.К. Олесинов и др., 1975).

Максимальная мощность рудных залежей в кембрийских породах составляет порядка 40 м. В терригенные породы всяческого бока орудование распространяется максимум на 10 м.

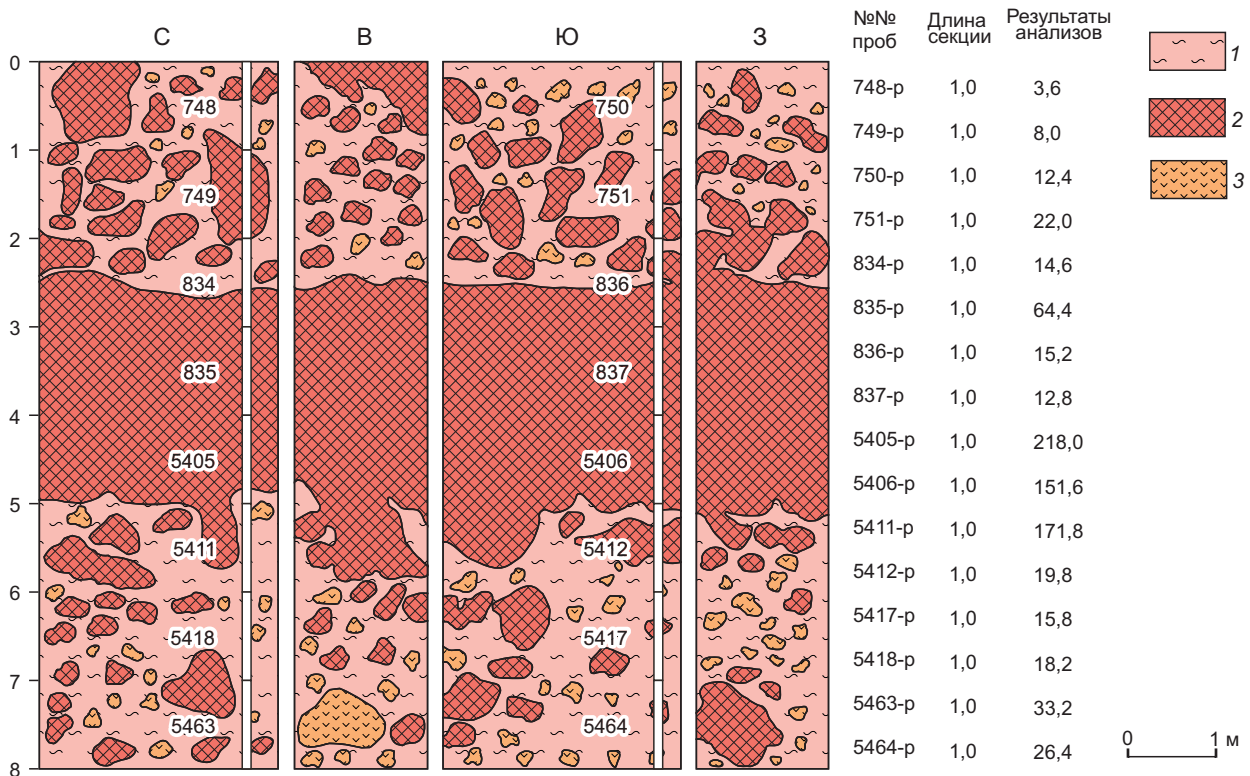


Рис. 11. Залесь «Боковая». Шурф № 26 линия 5 (А. И. Казаринов, 1958):

1 – глинисто-песчаные карстовые отложения; 2 – пирит-адуляр-кварцевые метасоматиты; 3 – сиенит-порфиры, ортофиры, лампроиты

Глубина распространения зоны окисления на Куранахских месторождениях составляет в среднем 40–60 м, достигая по отдельным тектоническим зонам 200 м.

Рудные тела имеют четырёхчленное строение, включая (снизу вверх):

- литифицированные и метасоматически изменённые продукты доюрской коры выветривания, заключённые в бурых глинах;
- пёстроокрашенные, (красно-бурые) песчано-глинистые карстовые отложения доверхнечетвертичной (?) коры выветривания, включающие обломки первичных руд и, вероятно, переотложенные продукты аргиллизации (продуктивный горизонт);
- глинисто-песчаные карстовые отложения с обломками юрских песчаников (продуктивный горизонт);
- выветрелые юрские песчаники и конгломераты.

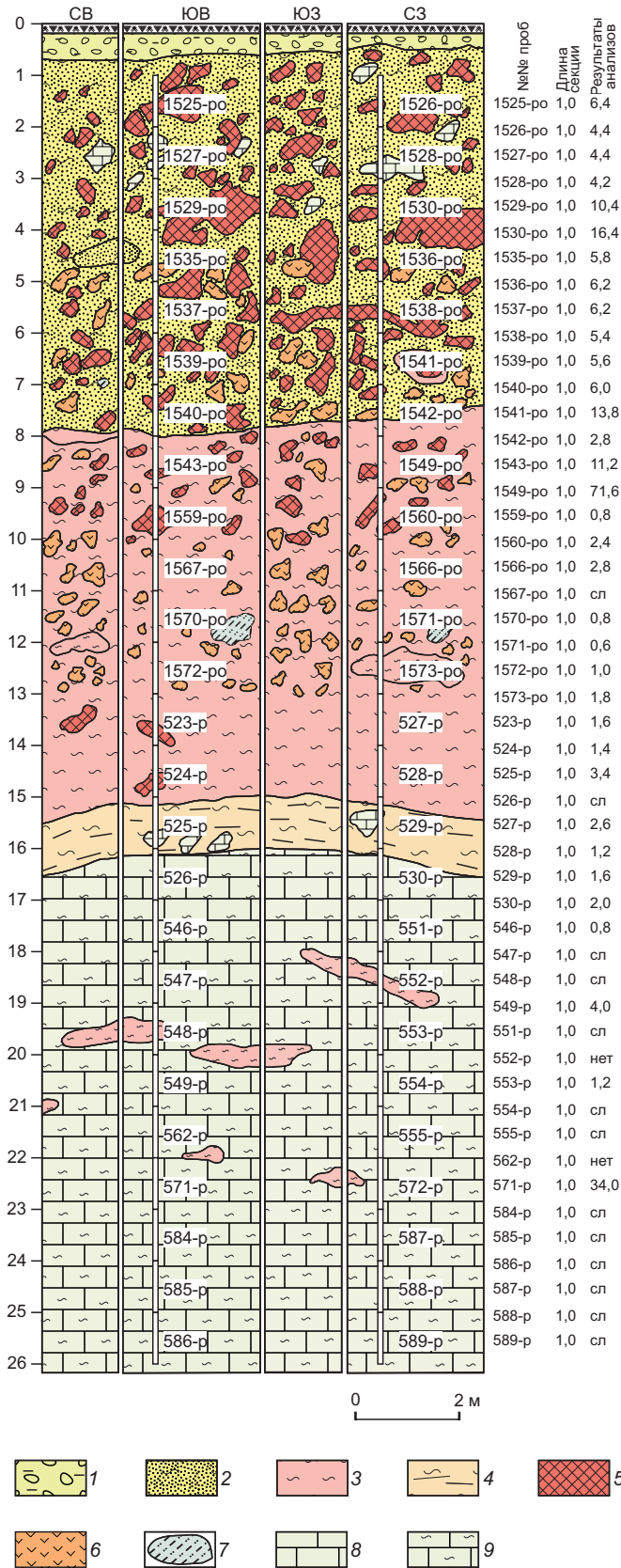
В той или иной степени, золотоносны все обломочные рыхлые породы, выполняющие карстовые полости. Выделяются следующие разновидности «рудной массы»:

- метасоматиты, сложенные гематитом, шестоватым и халцедоновидным кварцем, иногда с небольшим количеством адуляра и лимонита;

- железистые кварциты, тонкозернистый кварц с мельчайшей вкрапленностью железа;
- охристо-гематитовые массы с участками кварцевых сыпучек;
- ожелезнённые аркозовые песчаники (с гематитом, замещающим полевые шпаты), золотоносные пески и песчаники, глинисто-гематитовые и глинисто-лимонитизированные пестроцветные продукты выветривания кембрийских и юрских пород;
- красно-бурые переотложенные глины с повышенной золотоносностью [4] (В. М. Яновский, В. Г. Ветлужский, В. А. Амузинский, 1984).

Максимум содержаний золота в большинстве залежей приурочен к горизонту красно-бурых или пёстроокрашенных глин и глинисто-песчаным карстовым отложениям с обломками юрских песчаников, на 10–30 м выше кровли известняков нижнего кембрия (рисунки 12, 13) (А. И. Казаринов, 1958).

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



метасоматические образования представлены гумбеитами и пирит-адуляр-кварцевыми метасоматитами (фельдшпатолитовой и аргиллизитовой метасоматическими формациями) [9, 10]. Первичные неокисленные метасоматиты распространены незначительно. В их составе из рудных минералов резко преобладает пирит, в небольших количествах присутствуют марказит, халькопирит, галенит.

Состав, генезис и другие важные особенности золотоносных метасоматитов остаются предметом дискуссии и трактуются по-разному. А. А. Казаринов [8] первичными рудами считает близповерхностные пирит-кварцевые метасоматиты, образовавшиеся в результате замещения ранее окремнелых и калишпатизированных первичных пород.

А. Н. Угрюмов, М. Н. Альбов и др. в составе первичных руд выделяют два типа золотоносных метасоматитов: ранние пирит-калишпатовые и пирит-карбонат-калишпатовые (гумбеиты) и поздние золото-пирит-каолинит-адуляр-кварцевые – в одних работах или пирит-кварцевые и кварц-пирит-гематитовые (джаспероиды) – в других. Калишпатовые метасоматиты, согласно этой точки зрения, локализованы непосредственно на контакте юрских и кембрийских отложений и возникли в результате замещения продуктов доюрской коры выветривания. Эти метасоматиты, а также крупнообломочные отложения нижней юры позднее в свою очередь замещались кварцевыми метасоматитами. Последние, как правило, развиты вблизи субмеридиональных разломов, сопровождаемых дайками минетт, образуя гнёзда, линзы, столбы.

Начиная с неогена (возможно раньше) первичные руды подверглись интенсивным гипергенным преобразованиям. Вторичные руды зоны окисления представлены глинистыми, глинисто-алевритовыми отложениями, среди которых наблюдаются линзы кварцевой сыпучки, в разной степени выветрелых кварцевых и калишпатовых метасоматитов. При этом порядка 90% золота в Куранахских месторождениях связано с вторичными, гипергенными рудами, являющимися основным объектом добычи [4].

Золото представлено двумя генетическими разновидностями – остаточным и вторичным [18, 20, 21].

Рис. 12. Залежь «Боковая». Шурф № 2 линия 4 (А. И. Казаринов, 1958):

1–3 – отложения: 1 – элювиально-делювиальные, 2 – глинисто-песчанистые карстовые, 3 – пёстроокрашенные глинисто-песчанистые карстовые; 4 – продукты доюрской коры выветривания в виде глин; 5 – пирит-адуляр-кварцевые метасоматиты; 6 – сиенит-порфиры, ортофиры, лампроиты; 7 – аркозовые песчаники; 8 – известняки; 9 – глинистые известняки

Остаточным называется золото, сохранившее признаки первичного эндогенного золота и частично преобразованное в гипергенных условиях. Золото наследует как гранулометрический состав первичного золота, так и морфологию его выделений. Вторичным принято считать золото, образующееся при окислении золотосодержащих сульфидов с тонкодисперсным золотом.

Первичные руды. В качестве первичных руд большинство исследователей рассматривает гидротермально-метасоматические образования по карбонатным и терригенным отложениям в области их стратиграфического контакта, а также по послееорским брекчиям и интрузивным породам. Рудные тела представляют собой кварцевые метасоматиты, содержащие непостоянное

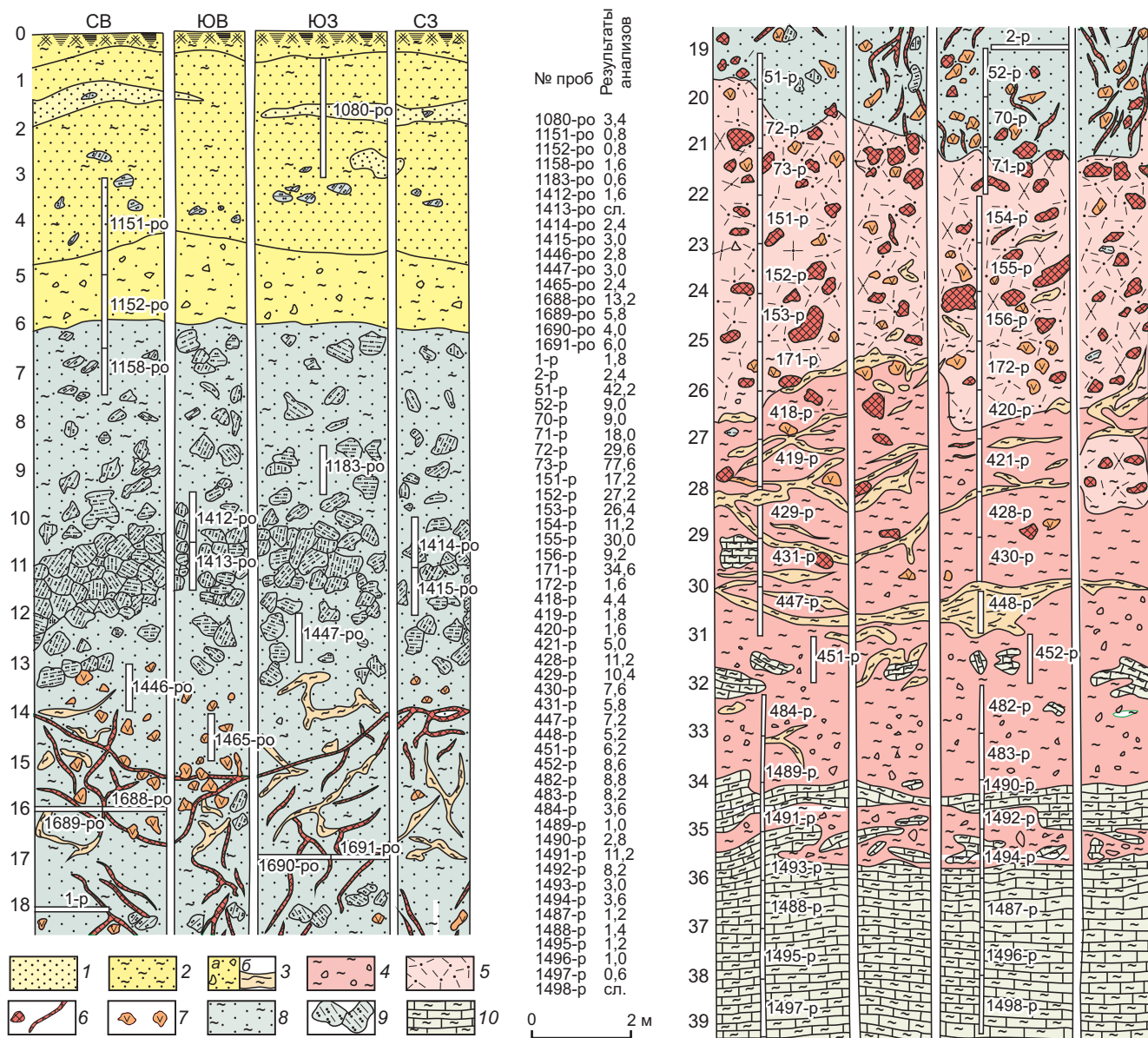


Рис. 13. Участок Центральный. Шурф № 19 (А. И. Казаринов, 1958):

1 – песок; 2 – глинистый песок; 3 – песчаная глина (а), продукты доюрской коры выветривания в виде глин (б); 4 – красно-бурая оруденелая глина; 5 – кварцевая «сыпучка»; 6 – пирит-адуляр-кварцевые метасоматиты; 7 – сиенит-порфиры, ортофиры, лампроиты; 8 – выветрелые юрские аркозовые песчаники; 9 – аркозовые песчаники; 10 – выветрелые глинистые известняки



Рис. 14. Самородное золото в гётит-гидрогематитовой массе (ув. 18) [18]

количество сульфидов, главным образом пирита, часто полностью окисленного; окисленные их остатки пропитаны гидроксидами железа. Подобные гётит-гидрогётитовые образования часто содержат самородное золото (рис. 14).

Кварцевые метасоматиты образованы по породам карбонатного, калишпатового, кремнистого состава, кварц-полевошпатовых песчаников и карстовых брекчий этих пород. Соответственно, метасоматиты, образовавшиеся по разным породам, отличаются составом реликтовых обломков и наличием различных реликтовых минералов, текстурой и геологической позицией. Собственно кварцевые новообразования, содержащие сульфиды, однотипны, они выделяются в виде трёх генераций: 1) тонкозернистый (сотые доли миллиметра), рисовидный и удлинённо-лапчатый; 2) мелко- и среднезернистый (десятые доли миллиметра) с рисовидной и удлинённо-лапчатой формой зёрен; 3) средне- и крупнозернистый (от первых миллиметров до 1 см) с булавовидной, шестоватой, изометричной формами зёрен. Первая и вторая генерации образовались метасоматическим путём, третья – как метасоматически, так и в пустотах.

Минеральный состав первичных руд разнообразен, однако все рудные минералы, кроме пирита, присутствуют в незначительном количестве. Основными минералами являются: нерудные кварц и адуляр, рудные пирит и марказит. В виде эпизодической примеси, помимо золота, в рудах встречаются: халькопирит, пирротин, магнетит, ильменит, галенит, сфалерит, арсенипирит, висмутин, самородные: висмут, серебро, медь, блёкляя руда, борнит, антимонит. Содержание пирита в кварцевых метасоматитах составляет от нескольких до 50%.

А. И. Казаринов и др. [7, 8] выделяют две генерации пирита, ассоциирующие с двумя генерациями рисовид-

ного кварца. Ранний пирит – крупнозернистый, кубический, вместе с тонкозернистым кварцем, образован в течение первой стадии рудообразующего гидротермального этапа. Поздний пирит – более мелкозернистый, чем ранний, совместно с мелко-среднезернистым кварцем второй генерации характеризует вторую стадию рудообразования.

Согласно другой точке зрения с кварцевыми метасоматитами связан пирит второй генерации, а ранний пирит является реликтовым минералом, образовавшимся до кварцевого метасоматоза (А. Н. Угрюмов, В. В. Карелин, В. И. Уютов, 1978).

Значительная часть золота куранахских месторождений заключена в пирите и продуктах его окисления. Установлено, что разные генерации пирита отличаются характером золотоносности, содержаниями микроэлементов, пробностью. Золото в раннем пирите представлено тонкодисперсной (эмульсионной) и более высокопробной разновидностью, его содержания достигают 30–100 г/т. Золото в позднем пирите и рисовидном кварце более крупное (0,02–4 мм) и более низкопробное. Общее количество крупного золота в первичных рудах достигает 23–65% [11].

В первичных рудах С. В. Яблоковой выделены следующие минеральные ассоциации: адуляр-кварцевая, золото-пирит-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая, золото-теллуридная, поздняя кварцевая. Значительная часть остаточного золота заключена в сульфидах (27–75%) и кварце (25–70%).

Первая, ранняя продуктивная золото-пирит-кварцевая ассоциация проявлена повсеместно. С рисовидным кварцем ассоциирует пирит (с содержанием Au 30–100 г/т). Золото в пирите субмикроскопическое. Тонкодисперсное золото из 1-го продуктивного парагенезиса размером 1–4 мкм образует в пирите изометричные или слегка вытянутые уплощённые кристаллы (отношение длины к ширине 2:1). Проба 870–900.

Вторая продуктивная золото-сульфидно-кварцевая ассоциация проявлена более локально. Она представлена более крупнозернистым прожилковым кварцем, менее золотоносным пиритом-II (с содержанием Au – 0,7–30 г/т).

Золото из 2-го продуктивного парагенезиса наблюдается в виде включений в сульфидах и в позднем кварце, минерализованном сульфидами. Размеры золота варьируют в широких пределах: в пирите – от 0,008 до 0,1 мм, единичные зёрна – 0,25 × 0,25 мм; в сростании с кварцем – более крупные золотины – 0,3–10 мм. В единичных случаях встречены мелкие самородки размером 8 × 15 × 19 мм. Проба – 725–860 (средняя – 825) [22].

Золото-теллуридная ассоциация распространена ещё более локально в отдельных рудных телах. Среди вторичных образований установлены теллуриды свинца и марганца. А. А. Ким выявлены теллуридно-карбонатные жильные проявления, сложенные кальцитом и монтмориллонитом с вкрапленными выделениями

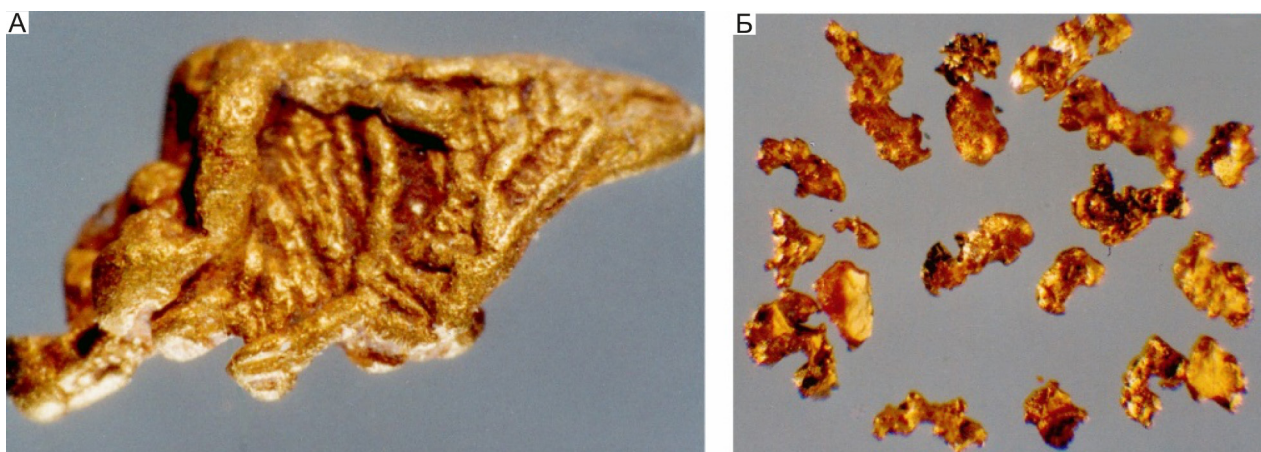


Рис. 15. Формы выделений остаточного корродированного золота:

дендрит частично деформированный (А – ув. 18), интерстициальные, трещинные, плёночные (Б – ув. 20) [18]

самородного золота, теллуридов и селенидов Pb, Ag и Hg, киновари, аурипигмента. Вероятно, это наиболее поздняя минерализация [11].

Формы выделений золотин – прожилковидно-пластинчатые, угловато-комковидные, прожилковые, плёночные. Среди крупных выделений встречаются дендриты и дендритоиды пластинчатой, веточковидной, решётчатой формы (рисунки 15, 16).

Форма частиц остаточного золота в зоне гипергенеза несколько трансформируется, происходит обминание, притупление граней. Коррозионные преобразования остаточного золота сопровождаются развитием в нём высокопробных кайм и межзерновых высокопробных прожилков (рис. 17) [20, 22]. Подобные высокопробные новообразования в остаточном золоте формируются



Рис. 16. Дендрит остаточного золота, выделенный из гётит-гематитового агрегата (ув. 27) [18]

при ионизации серебра и его селективном выносе с последующей перекристаллизацией золота.

Гипергенные руды. Процессы *карстообразования*, окисления сульфидов, каолинизации калишпатов, дезинтеграции и разложения первичных руд и вмещающих пород, гравитационного перемещения материала приводят к формированию вторичных руд типа элювиально-карстовых образований. В понятие руды, таким образом, включается вся горная масса, которая по данным опробования имеет промышленные содержания золота. Распределение золота внутри залежей крайне неравномерно, но в целом устанавливается тенденция к возрастанию его содержания от флангов к центру при максимальной концентрации в центральной части или несколько вверх от неё в разрезе залежи. Строение рудных тел разных месторождений практически идентично. На слабоизменённых карбонатных породах залегают бурые глины с обломками подстилающих пород, реже калишпатовых и пирит-кварцевых метасоматитов. Центральную часть разреза занимает пёстроокрашенный песчано-глинистый материал с реликтами и обломками первичных руд. Выше, также в пестроцветных песчано-глинистых образованиях, наряду с обломками первичных руд появляются обломки юрских пород. Постепенно эти отложения переходят через дезинтегрированные разности в плотные юрские конгломераты, гравелиты, песчаники. Наиболее золотосна центральная зона, отвечающая, очевидно, положению первичных рудных тел (см. рисунки 12, 13).

Согласно результатам технологических исследований (1961–1965 гг.), вторичные руды сложены кварцем (47–73%), гидроксидами железа (10–38%), глинистыми (14–35%) и карбонатными минералами (0,5–3%). Следовательно, современный состав руд определяется

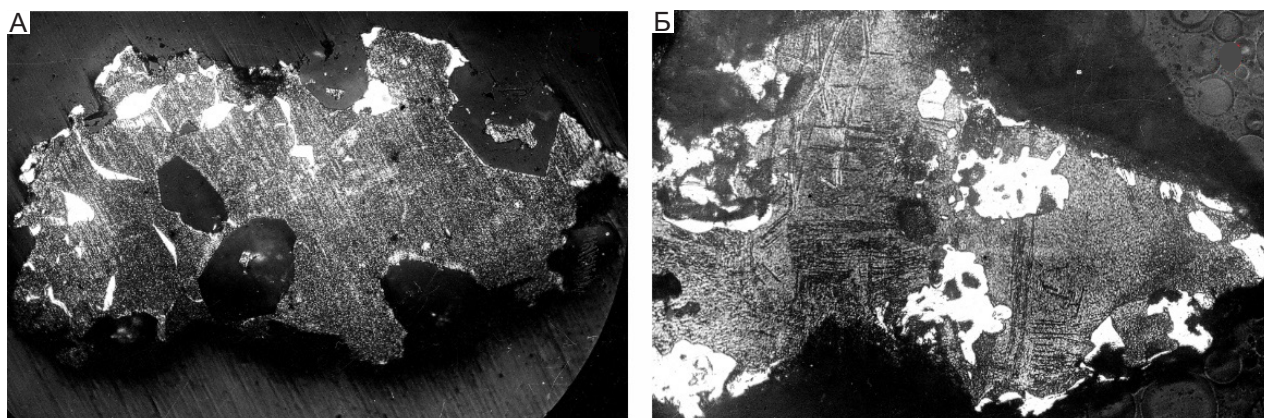


Рис. 17. Стадии преобразования остаточного золота (полир. шлифы):

редкие высокопробные межзерновые прожилки (белое) (А – ув. 90), разросшиеся высокопробные прожилки и зародышевые каймы высокопробного золота (Б – ув. 70) [18]

не только первичным составом, но и степенью их перемешивания с продуктами выветривания в карстовых депрессиях. Результаты фазового анализа показывают преобладание золота в тонких фракциях руд: во фракциях меньше 3 мм – до 70%, причём в глинах его содержится до 40%, а включая фракцию $-8+3$ мм и шликс – достигает 80%.

По данным С.В. Яблоковой [29], содержания относительно крупного золота в рыхлых рудах составляют до 8–10%. А.А. Ким [9] приводит данные технологического исследования проб, согласно которым, количество золота с размером меньше 0,04 мм составляет: 41,6% (залежь Боковая), 58,6% (залежь Центральная), 45,6% (залежь Дэлбе). Так что сведения о соотношении тонкодисперсного и крупного золота в рудах куранахских месторождений довольно противоречивы и, по-видимому, отражают реальность существования различных типов руд.

Вторичное, гипергенное золото встречается в выветрелых рудах в значительных количествах. Размеры золота этого типа весьма малы. Основная его масса концентрируется в классе $-0,04$ мм (60–90%), доминирующий размер частиц 10–50 мкм. О возможности укрупнения золота в корах выветривания свидетельствует наличие в богатых рудах агрегатов вторичного золота размером до 0,25 мм, отмечались мелкие самородки.

Вторичное золото в выветрелых рудах близко по формам выделений – губчатым, сгустковым, агрегатным, – но отличается рядом специфических особенностей в зависимости от состава гипергенных новообразований. Выделяются две основные ассоциации вторичного золота – гётит-гидрогётитовая и теллуратовая [18].

Вторичное золото гётит-гидрогётитовой ассоциации нередко с примесью гематита, ярозита и скородита распространено наиболее широко. Оно наблюдается в виде тончайшей сыпи среди переотложенных агрегатов гётит-гидрогётитового состава или в глинистом железнённом материале вблизи псевдоморфоз гидроксидов железа по пириту. Это золото имеет глобулярную, эмульсионную, нитевидную, пластинчатую, плёночную форму, присутствуют сферические монокристаллы, размером от десятых долей микрона до десятых долей миллиметра (рис. 18). Ячеисто-каркасные, порошокватые, сгустковые стяжения мельчайших частиц, с включениями остаточного золота, служившего затравкой, а также плёнки на поверхности переотложенных оксидов могут достигать 0,04–1,00 мм. Они имеют буроватый, коричневатый цвет, при лёгком надавливании легко рассыпаются на отдельные фрагменты, вследствие чего получили название «хрупкого» золота. Золото этой разновидности характеризуется высокой пробностью (>960), относительной однородностью выделений, примесью железа.

Вторичное золото теллуратовой ассоциации – продукта разложения гипогенных золото-теллуридных парагенезисов – менее распространено. Разложение теллуридов золота может сопровождаться формированием теллуратов сложного состава, содержащих свинец, цинк, марганец, мышьяк, ванадий, фосфор, ртуть и другие элементы [13, 29]. Золото этой разновидности наблюдается в виде эмульсионной вкрапленности, петьчатой паутиной сети прожилков и образует субграфические колломорфные срастания с вторичными минералами теллура (рис. 19). Среди отпрепарированных субмикроскопических разновидностей преобладают каркасно-ячеистые агрегаты (0,5–2 мкм), пластинчатые

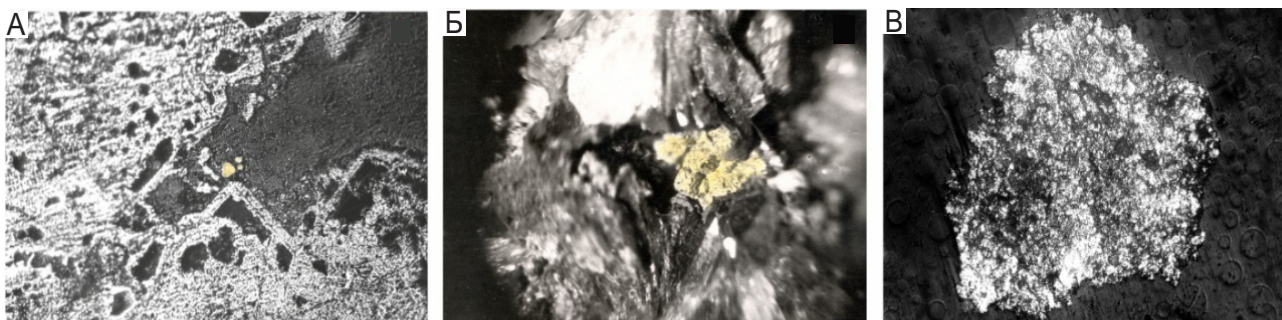


Рис. 18. Золото гётит-гидрогётитовой ассоциации (полир. шлифы):

вторичное каплевидное золото с гидроксидами железа ящичной текстуры (А – ув. 450), плёнки золота на натёчном лимоните и послерудном кварце (Б – ув. 120), пористый агрегат «хрупкого» золота с гидроксидами железа (В – ув. 110) [18]

(5–20 мкм), нитевидные и лентовидные кристаллы, а также рыхлые скопления глобулярных частиц сферических кристаллов. Их сегрегация способствует увеличению размеров и образованию каркасных, ячеистых, сгустковых золото-теллуратовых агрегатов «хрупкого» («горчичного») золота, достигающих 0,25 мм. Форма их изометричная, близкая к овальной, губчатая, веточковидная, пластинчатая; присутствуют кристаллические выделения в виде скелетных шестигранных призм (рисунки 20, 21).

На поздней стадии выветривания эпигенетические преобразования вторичного золота сопровождаются частичным переотложением золота, его твердофазной перекристаллизацией, способствующим увеличению

размеров хрупких стяжений, иногда до 1,5–2,0 см, и образованию вторичных самородков массой до 2 г (рис. 22).

Поверхность вторичного золота практически всех разновидностей отличается натёчным, почковидным микрорельефом, что в сочетании с метаколлоидными текстурами хрупких агрегатов свидетельствует о важной роли коллоидных растворов, сорбционных явлений и твердофазной перекристаллизации при образовании вторичного золота (рис. 23).

Эпигенетические изменения остаточного и вторичного, гипергенного золота соответствуют стадиям развития коры выветривания и могут быть использованы на ранних стадиях работ в качестве минералогических

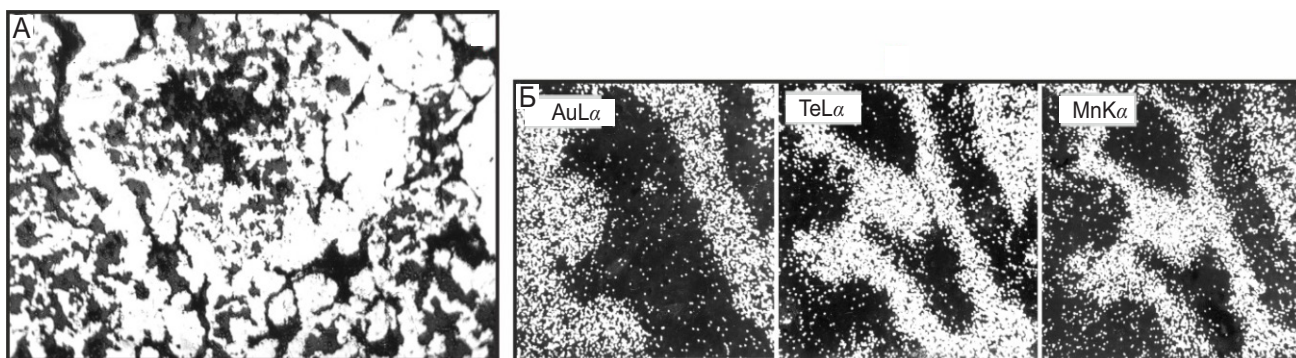


Рис. 19. Золото теллуратовой ассоциации (полир. шлиф):

тесные колломорфные срастания золота (белое) со свинцово-марганцевым теллуратом – куранахитом (чёрное), в центре – следы дендритного роста (А – ув. 350); деталь, снятая в рентгеновском излучении (AuL α , TeL α , MnK α) (Б – 8000) [18]

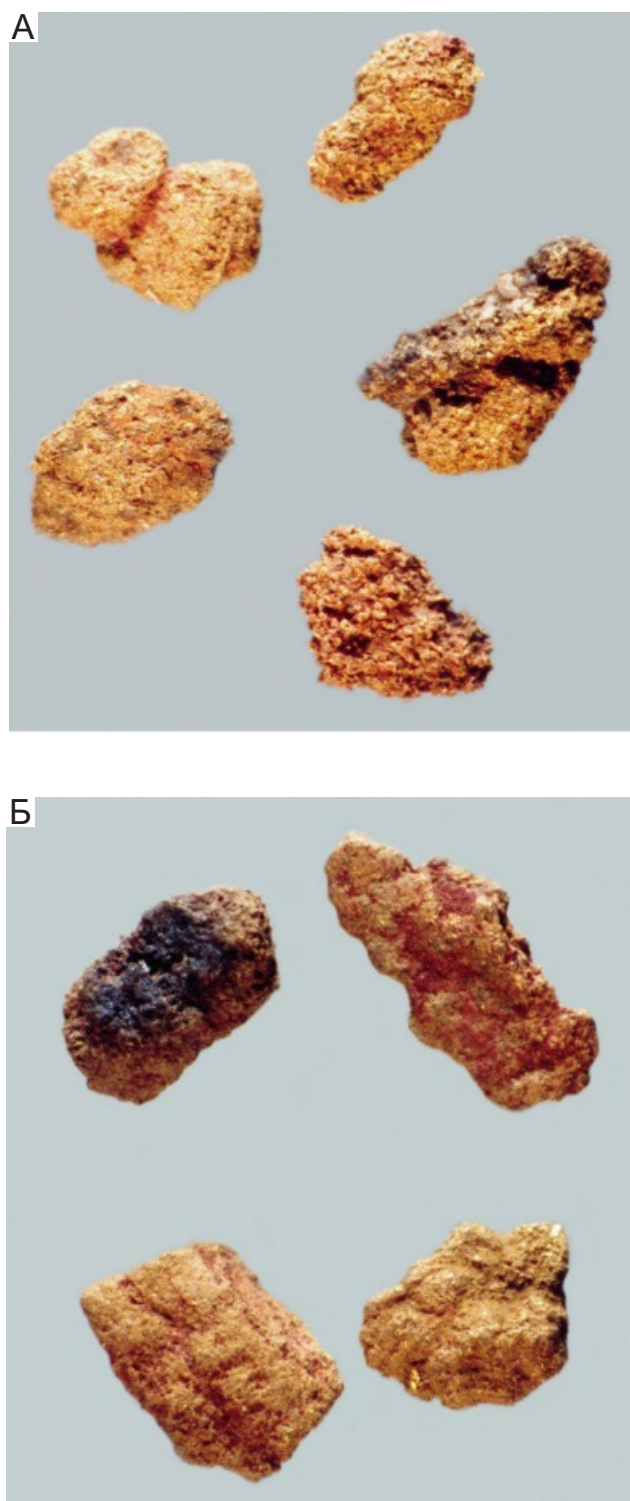


Рис. 20. Золото-теллуратовые агрегаты в сростании с вторичным кварцем, куранахитом (чёрное) и гидроксидами железа:

изометричные, комковидные, губчатые стяжения (А – ув. 20), пластинчатые, каркасные образования (Б – ув. 17) [18]

критериев для определения первичного состава руд и глубины их выветривания.

Установленные типоморфные признаки вторичного золота в глинистых корах выветривания могут быть применены для оценки роли вторичного обогащения в корах выветривания и уточнения данных о первичной минерализации.

Этапы формирования. Основные процессы, обеспечившие уникальность Куранахского месторождения – карстообразование и выветривание, начались в мезозое. Развитие каолиновых глин в условиях субтропического климата, значительное переуглубление карстовых полостей (днища которых располагаются ниже местных базисов эрозии) – всё это свидетельства существования подземной карстовой системы [17].

Руды Куранахской группы месторождений сформированы в ходе сложного и длительного рудообразования, в котором, помимо эндогенных процессов, существенную роль играли физико-химические преобразования. Мнения различных исследователей расходятся как в оценке значимости этих процессов, так и в целом относительно генезиса месторождения.

По мнению А. И. Кукса, золотоносные залежи пиритизированных кварцевых метасоматитов различного состава, образовавшиеся в процессе поступления гидротермальных растворов по ослабленным зонам в кембрийских известняках под юрскими терригенными отложениями, в процессе гипергенеза превратились в массу элювиального и делювиального материала (А. И. Кукс, 1957).

И. С. Рожков также рассматривал отдельные участки куранахских месторождений как элювиальные россыпи [23].

Ф. В. Гаскаров, подчёркивая закономерное строение рудных залежей в разрезе, считал их разрушенными, но залегающими *in situ*, что подтверждается присутствием участков монолитных руд, ненарушенных процессами гипергенеза [5].

Ю. С. Маслов [17], рассматривает в качестве первичных руд лишь непромышленную, преимущественно вкрапленную минерализацию, возникшую в результате окварцевания и пиритизации нижнеюрских эффузивно-осадочных отложений. Из выделяемых им трёх этапов эндогенного рудообразования основной связывается с проявлением раннеюрского кислого вулканизма. К промышленным концентрациям металла, с этой позиции, привели процессы формирования коры выветривания с мобилизацией рассеянной первичной минерализации в месторождения контактово-карстового типа.

В последние годы появилась совершенно иная точка зрения на генезис куранахских месторождений, предложенная Е. М. Брадинской с соавторами [2]. При изучении золотоносных пирит-кварцевых метасоматитов было установлено присутствие в них углеродистых веществ. Детальное изучение органики позволило сделать следующие выводы:

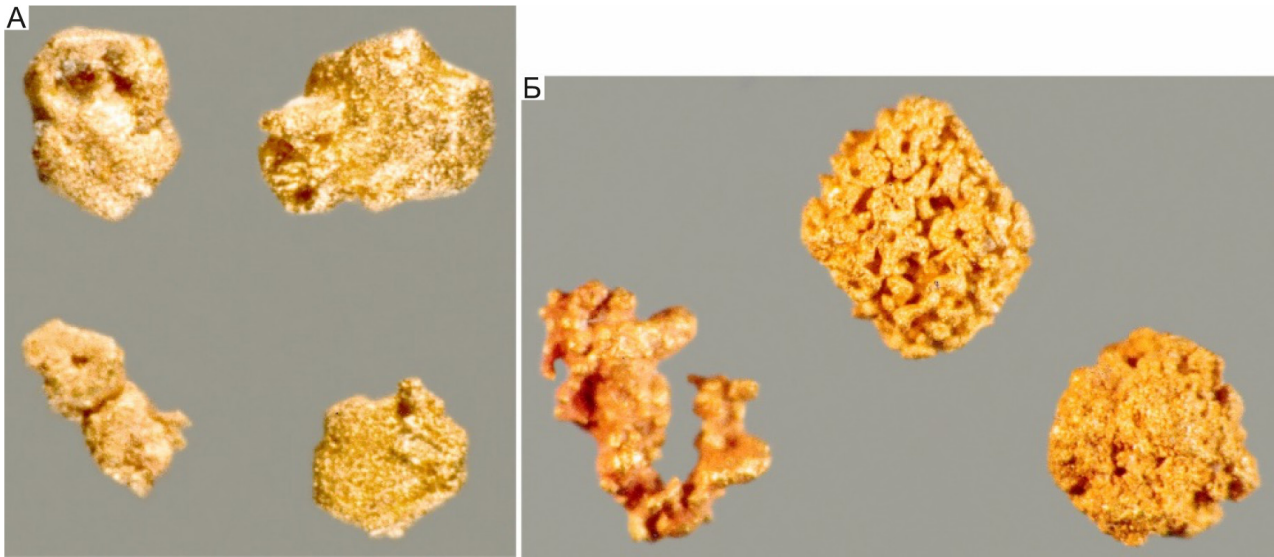


Рис. 21. Золото после обработки золото-теллуридных агрегатов соляной кислотой:

скелетные кристаллы и их сростки (А – ув. 15), дендрит и губчатые сростки (Б – ув. 33) [18]

- в первичных золотосодержащих рудах углеродистые вещества участвовали в рудогенном процессе, о чём свидетельствует обнаружение золота во фракциях спирто-бензоловых битумов и нерастворимых углеродистых веществах;
- наличие углеродистых веществ с фрагментами гелефицированных растительных остатков в тесной ассоциации с породообразующим кварцем и сульфидами



Рис. 22. Вторичный самородок массой 2 г с включением теллуридов, гидроксидов железа и вторичного кварца (ув. 14) [18]

даёт основание предполагать первично-осадочное происхождение золотосодержащих пород.

Главный вывод этих исследований – первичные руды куранахских месторождений представляют собой осадочные образования, возможно, вулканогенно- или гидротермально-осадочные.

Большинство исследователей придерживается более традиционных взглядов на генезис куранахских месторождений, относит их к гидротермально-метасоматическому типу и связывает их формирование с щелочным магматизмом мезозойской тектоно-магматической активизации Алданского щита.

А. И. Казаринов [7, 8], выделяет три этапа, подчёркивая роль первого, *гипергенного догидротермального этапа*, во время которого происходило интенсивное изменение исходных пород в связи с так называемыми процессами прогрессивного гипергенного *метаморфизма*. Результатом этих процессов явилось *окремнение*, низкотемпературная калишпатизация, ожелезнение и слабая рассеянная пиритизация пород в зоне контакта кембрия и юры. В это же время формировались доюрские (триасовые?) коры выветривания. Вдоль тектонических зон в позднеюрское время произошло внедрение субщелочных даек. Важным моментом, завершающим догидротермальный этап, является подземное карстообразование на контакте кембрийских и юрских пород. В результате на месте современных рудных залежей сформировались горизонтально залегающие в карстовых полостях кремнисто-калишпатовые породы.

В *гидротермальный этап* поступление гидротермальных растворов происходит по тем же зонам, с которыми

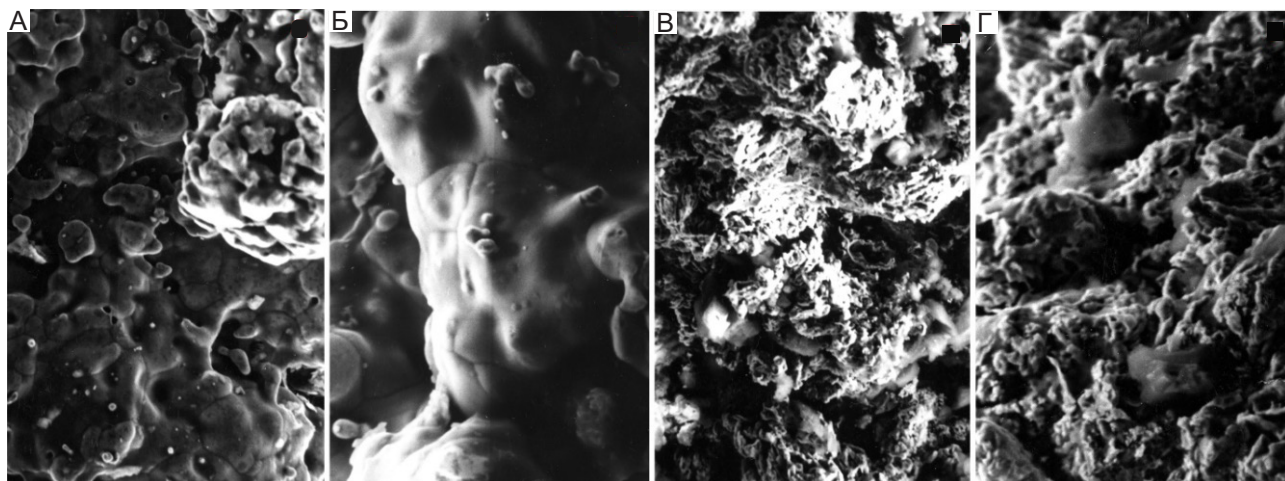


Рис. 23. Микрорельеф поверхности гипергенного золота (растровый электронный микроскоп):

почковидно-натечная поверхность губчатых частиц (А – ув. 1000), микропочковидная поверхность с элементами начальной перекристаллизации (Б – ув. 2000), занозистая губчатая поверхность вторичных самородков с элементами дендритной перекристаллизации (В – ув. 1000, Г – ув. 2000) [18]

связаны внедрение субщелочных даек и развитие подземного карста.

А. И. Казаринов выделяет три стадии гидротермального минералообразования. Продуктивный гидротермальный этап расчленяется, охватывает первую и вторую стадии, в течение которых были образованы две золотоносных генерации кварца и пирита. В третью стадию происходило образование крупнозернистого кварца, не сопровождающегося рудной минерализацией.

В *гипергенный послегидротермальный этап* происходило площадное карстование, существенно сказавшееся на современной морфологии рудных залежей.

В. Г. Ветлужских и др. [4] также выделяют три разделённых во времени и генетически разнородных этапа формирования месторождений куранахского типа.

В первый этап на поверхности венд-кембрийской карбонатной толщ образовались доюрские (триасовые?) коры и карстовые полости с накоплением в них остаточных глин.

Во второй, раннеюрский, этап после накопления аркозов юхтинской виты внедрились дайки калиевых минет и сиенитпорфиоров. В связи с раннемезозойским магматизмом проявился калиевый метасоматоз карбонатных пород платформенного чехла и литифицированных глин, выполняющих доюрские карстовые полости.

В третий, позднеогеновый-раннечетвертичный, этап произошло развитие подземного карста, завершилось окисление вмещающих пород и руд с перераспределением рудных компонентов и формированием современных золотоносных залежей.

Е. П. Максимов и др. [16] считают, что сохранение доюрской коры выветривания или формирование её в ранней юре в скольких-нибудь значительных объёмах маловероятны. Данные исследователи предполагают, что современный облик месторождений куранахского типа – результат двух генетически независимых и автономных этапов формирования. На первом этапе, в раннем мелу, в результате проявления калиевого и кремнекалиевого метасоматоза были сформированы рудные объекты. Позднее в неогеновое и четвертичное время залежи золоторудных метасоматитов были дезинтегрированы и преобразованы в условиях подземного карста с образованием элювиальных золоторудных залежей коры выветривания.

А. Н. Угрюмов и др. [25, 26, 28] считают, что первичные руды сформировались в течение двух самостоятельных этапов. Первый этап, проявившийся предположительно в поздней юре, характеризуется высокотемпературным углекисло-калиевым метасоматозом, результатом которого явились золотоносные пирит-калишпатовые и пирит-анкерит-калишпатовые метасоматиты (гумбеиты), образовавшиеся на границе кембрийских и юрских отложений. Образования этой стадии, весьма значительные по масштабам проявления и распространённости, связываются с региональным подъёмом трансформированных активных метасоматизирующих растворов. Второй этап, проявившийся предположительно в меловое время, представлен более низкотемпературным кварцевым метасоматозом, в результате которого образовались также золотоносные пирит-кварцевые (джаспероиды) и пирит-адуляр-каолинит-кварцевые метасоматиты.

Исходными породами для кварцевых метасоматитов явились главным образом калишпатовые метасоматиты первого этапа, частично крупнообломочные породы нижней части юрских отложений и мезозойские *интрузии*. Геохимическое сходство золото-пирит-кварцевых метасоматитов и гумбеитов рассматривается как результат телескопирования, в том числе в отношении золота, двух рудообразующих процессов. Развитие второго этапа парагенетически связывается с эволюцией глубинного магматического очага монзонит-сиенитовой формации.

Таким образом, куранахские месторождения являются следствием сложного и длительного рудообразования, что привело к формированию сложных месторождений. Первичные близповерхностные гидротермальные залежи почти полностью окислены и интенсивно механически разрушены. Неразрушенные первичные руды сохранились в очень небольшом количестве. На отдельных участках рудные тела превратились в элювиальные россыпи и возможно небольшие участки с золотоносным делювием. В целом рудно-формационный тип месторождения может быть определён по тому типу руд, в которых сосредоточены основные запасы – золото-пирит-адуляр-кварцевый.

Исходя из изложенного выше для оруденения куранахского типа региональными критериями для выделения золотоносных узлов, по материалам различных авторов [4, 7] (В. М. Яновский, В. Г. Ветлужских, В. А. Амузинский и др., 1984), являются:

1. Развитие отрицательных платформенных структур типа грабен-впадин, синеклиз или чашеобразных прогибов, характеризующихся значительными мощностями кембрийских отложений и наличием перекрывающих их юрских континентальных отложений; в этих условиях на дневную поверхность выходит верхний региональный продуктивный горизонт.

2. Наличие поперечных дизъюнктивных структур регионального характера, являющихся рудоподводящими; в участках пересечения ими синеклиз обычно находятся центральные части рудных узлов.

3. Умеренное проявление постюрского магматизма, наблюдающегося в виде мелких штокообразных тел меланократовых сиенитовых пород и магматических брекчий с ортофирным цементом, протяжённых даек меланократовых и нормальных сиенитовых пород, некрупных пластовых интрузий пород сиенитового состава.

Локальными поисковыми признаками на выявление рудных полей оруденения куранахского типа являются:

1) признаки оруденения в области стратиграфического контакта кембрийских и юрских отложений, при распространении калишпатовых и кремнисто-калишпатовых пород массивной, слоистой и брекчиевой текстуры с мелкогнездовыми включениями крупнозернистого пирита, железистыми оолитами и лимонитовыми стяжениями;

2) некоторые авторы склонны рассматривать приуроченность оруденения к стратиграфическому контакту венд-нижнекембрийских карбонатных и нижнеюрских алюмосиликатных пород чехла в качестве структурного, с одной стороны, обеспечившего падение давления по фронту движения гидротермальных растворов, а с другой стороны, послужившего своеобразным геохимическим барьером (Э. Ф. Баранов, 1991; С. М. Мудрик, 1995);

3) развитие линейных тектонических зон, поперечных относительно оси грабен-впадин в ряде случаев, сопровождающихся дайками; последние обычно претерпевают ранний постмагматический калиевый метасоматоз и в ряде случаев являются продуцентами золота;

4) наличие в коренном залегании или свалах типичных для куранахских месторождений кварцевых и кварц-лимонитовых (или кварц-пиритовых) метасоматитов, в которых макроскопически наблюдаются характерный мелко- и среднезернистый рисовидный кварц, брекчированный и сцементированный этим кварцем пористый и массивный пирит и более поздний мелкий пирит пентагон-додекаэдрических форм

5) признаки наличия в элювии и делювии дисперсного золота, выявленного при золото-спектрометрической съёмке, наличие агрегатного «хрупкого» золота в протоlochках проб окисленной руды, а также в аллювии;

6) геохимические признаки оруденения выражаются в приуроченности к рудным телам аномалий золота, серебра, мышьяка, сурьмы, молибдена, ванадия, теллура, урана.

К косвенным поисковым признакам относятся ареалы развития гумбеитов, а также геоморфологические и геофизические признаки:

1) к геоморфологическим относятся все признаки поверхностного и подземного карста – отрицательные формы микро-, мезо- и макрорельефа;

2) геофизические факторы выражаются в наличии зоны разуплотнения в поле силы тяжести, линейных и площадных аномалий пониженного кажущегося сопротивления, положительных линейных аномалий магнитного поля, аномалий урана, тория, калия, повышенных значений гамма-поля.

Обобщённые поисковые критерии и признаки месторождений Куранахской группы сведены в таблицу 2, составленную по материалам ряда авторов.

Определёнными перспективами для обнаружения золоторудных объектов, подобных месторождениям Куранахской группы, обладают и другие грабен-впадины **Южно-Якутской системы, в частности** Верхнеякутская. На это указывают следующие факторы:

- сходная геолого-структурная обстановка (контакт венд-кембрийской карбонатной и юрской терригенной толщ с признаками карстообразования);
- протяжённые разрывные структуры взбросо-сбросовой кинематики Томмот-Эльконской и Юхтинско-

2. Поисковые критерии и признаки месторождений Куранахской группы

Название металлогенического таксона	Центрально-Алданский рудный район. Куранахский рудный узел
Критерии признаки	Куранахский тип
Региональные тектонические	Блочные структуры II-го порядка, осложняющие Центрально-Алданский мегаблок, представлены Верхнеякутской и Куранахской грабен-впадинами, разделёнными Якутским горстом, вытянутым в северо-восточном направлении по оси Якутского синклиория. Опущенные блоки фундамента контролируются зонами региональных разломов. Блоки характеризуются относительной стабильностью, но при этом находятся в пределах влияния мезозойской тектоно-магматической активизации (ТМА)
Магматические	Единичные штоки и силлы роговообманковых сиенитов, дайки сиенит-порфиров, керсантитов, калиевых пикритов, калиевых трахитов рудоносной формации в составе продуктов мезозойской ТМА. Штокообразные тела преобладают на флангах рудного узла. Дайки концентрируются преимущественно внутри тектонических зон дробления и вблизи крупных разрывных нарушений, а также фиксируют киммерийские трещины отрыва субмеридионального простирания
Литолого-фациальные	Оруденение приурочено к стратиграфическому контакту нижнекембрийских и юрских пород, имеющему сложную морфологию, обусловленную наличием на закарстованной погребённой поверхности кембрийских пород триасовой (?) коры выветривания. Оруденение гидротермального типа сосредоточено в коре выветривания и нижней части разреза юрских терригенных пород
Структурно-тектонические	Крупные разломы, контролирующие образование и распределение карстовых полостей. Разрывные нарушения и зоны повышенной трещиноватости северо-восточного, субмеридионального и северо-западного простирания, являющиеся рудоподводящими. Для локализации залежей благоприятным является тектонически ослабленный контакт кембрийских и юрских пород вдоль зон киммерийских трещин отрыва (рудные зоны). В пределах рудного поля выявлены три таких зоны: Центральная, Западная и Восточная
Рудоконтролирующие структуры	Куранахская и Верхнеякутская грабен-впадины, контролирующиеся зонами региональных разломов с дайкообразными телами мезозойских субщелочных пород. Разрывные нарушения и зоны повышенной трещиноватости северо-восточного, субмеридионального и северо-западного простирания, сопровождающиеся рудоносными магматитами. Системы линейных карстовых полостей на выветрелой палеоперехности нижнекембрийских известняков в крупных зонах трещиноватости
Рудовмещающие структуры	Область контакта нижнекембрийских карбонатных и нижнеюрских терригенных пород, характеризующаяся распространением триасовой коры выветривания и плащеобразных тел метасоматитов. Линейные карстовые полости в толще кембрийских известняков, контролирующиеся крупными зонами трещиноватости

Название металлогенического таксона	Центрально-Алданский рудный район. Куранахский рудный узел
Морфологические	<p>Золоторудные тела большинства Куранахских месторождений вытянуты в субмеридиональном направлении. Форма рудных тел в значительной степени определяется строением карстовых полостей. Рудные тела представляют собой:</p> <ul style="list-style-type: none"> • залежи лентообразной, плащеобразной формы с сильноизвилистыми контурами, с раздувами и пережимами, примерно повторяющие контуры погребённых карстовых полостей; • залежи лентообразной, плащеобразной формы, сопровождающиеся со стороны лежачего бока продуктами их разрушения и преобразования в карстовых просядках; крутопадающие жилообразные тела и минерализованные зоны, сопряжённые с пологозалегающими рудными линзами
Гидротермально-метасоматические	<p>На литолого-стратиграфическом уровне рудокализации установлены: низкотемпературные пиритизированные кварцевые метасоматиты различного состава – пирит-адуляр-кварцевые, пирит-кварцевые, кварц-калишпат-каолинит-гидрослюдистые, кварц-калишпат-монтмориллонитовые, а также каолинит-гидрослюдистые, монтмориллонит-нонtronитовые и предрудные гумбеитовые. Кварцевые метасоматиты образованы по породам карбонатного, калишпатового составов, кварц-полевошпатовых песчаников. Кварцевые и пирит-адуляр-кварцевые метасоматиты, образовавшиеся по разным породам, отличаются составом реликтовых обломков.</p> <p>К продуктам гидротермальной аргиллизации относятся пирит-каолинит-гидрослюдистые и пирит-гидрослюдисто-монтмориллонитовые руды.</p> <p>Для пород известняково-доломитовой формации характерно широкое развитие процессов низкотемпературного окварцевания (развитие джаспероидов), формирующих достаточно выдержанные горизонты в составе карбонатной толщи</p>
Минералогические	<p>Золотоносны все обломочные рыхлые породы, выполняющие карстовые полости. Выделяются следующие разновидности «рудной массы»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • метасоматиты, сложенные гематитом, шестоватым и халцедоновидным кварцем, иногда с небольшим количеством адуляра и лимонита; • железистые кварциты, тонкозернистый кварц с мельчайшей вкрапленностью железа; • охристо-гематитовые массы с участками кварцевых сыпучек; • ожелезнённые аркозовые песчаники (с гематитом, замещающим полевые шпаты); • золотоносные пески и песчаники; • глинисто-гематитовые и глинисто-лимонитовые пестроцветные продукты выветривания кембрийских и юрских пород; • бурые переотложенные глины с повышенной золотоносностью. <p>В первичных рудах выделяются: адуляр-кварцевая, золото-пирит-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая и золото-теллуридная минеральные ассоциации. Проба золота от 870–900 % ранней генерации; 725–860 % золото второй генерации; 790–930 % золото из зоны окисления.</p> <p>Наличие агрегатного «хрупкого» золота в протоочках проб окисленной руды, а также в аллювии</p>
Геохимические	Геохимические аномалии золота, серебра, свинца, меди, цинка, мышьяка, сурьмы и ртути
Геофизические	Рудные тела в карстовых полостях в физических полях практически не фиксируются. Дайки субщелочных пород рудоносной формации выделяются по данным магниторазведки, максимумами в магнитном поле, а также по данным каротажа в скважинах методом КМВ

Нимгерканской систем глубинных магмовыводящих разломов;

- высокая «насыщенность» впадины малыми интрузивными телами (силлами, дайками) щелочного и щёлочноземельного состава;
- интенсивные гидротермальные изменения вмещающих пород, включая околорудные березиты.

Прямыми, выявленными на настоящий момент признаками наличия оруденения куранахского типа в пределах Верхнеякутской грабен-впадины являются:

- наличие золотоносных переотложенных кор выветривания (?) в карстовых полостях, представленных песчано-глинистыми интенсивно лимонитизированными отложениями с обломками гумбеитизированных доломитов, сиенит-порфиров и кварцевых метасоматитов мощностью отложений порядка 20 м и с содержаниями золота до 0,1–4,9 г/т (северный фланг залежи Таежной, зона Южная Юрбетская) (рис. 24);
- в южной части Верхнеякутской грабен-впадины работами Е. И. Бирюкова (1999) выявлено рудопроявление Гладкое, приуроченное к зоне контакта песчаников и конгломератов юхтинской свиты с подстилающими доломитами унгелинской свиты нижнего кембрия. Бурением вскрыта карстовая залежь с вертикальной мощностью рудных образований до 14 м и содержанием золота по отдельным керновым пробам до 15,5 г/т. Ширина рудных зон в отдельных участках достигает трёх километров. Мощность пластовых рудных тел, также невыдержанная, варьирует от 1 до 40 м. Наряду

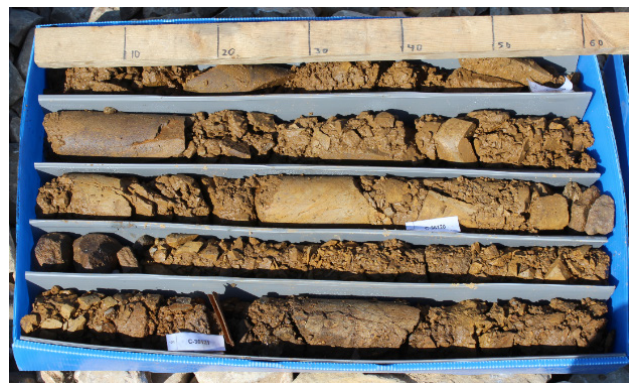


Рис. 24. Глинистые отложения. Доюрские (?) золото-содержащие коры выветривания, представленные песчано-глинистыми, лимонитизированными отложениями с обломками гумбеитизированных доломитов, вскрытые скважиной на глубине 116 м, на границе песчаников юхтинской свиты с подстилающими доломитами унгелинской свиты нижнего кембрия:

мощность отложений порядка 20 м, содержания золота на интервале составили от 0,1 до 0,65 г/т

с межформационными рудными телами встречаются рудные залежи, целиком заключённые в толще юрских отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н.* Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений. – 1998. – Т. 40, № 4. – С. 354–369.
2. *Брадинская Е. М., Развозжаева Э. А., Виленкин Э. А., Баранкевич В. Г.* Золотосодержащие углеродистые вещества в первичных рудах некоторых месторождений Центрального Алдана // ДАН СССР. – 1981. – Т. 260, № 2. – С. 282–284.
3. *Ветлужских В. Г., Абрамов В. А., Кочетков А. Я.* и др. Куранахское рудное поле // Геология золоторудных месторождений Востока СССР. – М. : ЦНИГРИ, 1988. – С. 5–67.
4. *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.
5. *Гаскаров В. Ф.* Морфологические типы золоторудных тел и факторы, определяющие их размещение в месторождениях Центрального Алдана // Сборник материалов по геологии золота и платины. – М. : Главзолото, 1955. – Вып. 11 (21). – С. 16–75.
6. *Государственная геологическая карта Российской Федерации.* Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Алданская. Лист О-51-ХII. Объяснительная записка / К. А. Воробьев, А. В. Курбатов – М. : Московский филиал ВСЕГЕИ, 2015. – 213 с.
7. *Казаринов А. И.* Закономерности размещения главных типов золотого оруденения в Алданском районе и принципы их перспективной оценки // Геология и методы изучения золоторудных провинций. – М. : Недра, 1967. – Вып. 68. – С. 5–30.
8. *Казаринов А. И.* К вопросу о генезисе золоторудных месторождений Куранахского типа // Золоторудные формации Дальнего Востока. – М. : Наука, 1969. – С. 125–135.
9. *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.
10. *Ким А. А.* Золото-теллуридно-селенидная минерализация в Куранахском месторождении // Зап. ВМО. – 2000. – № 5. – С. 51–57.

11. Константинов М. М. Золоторудные месторождения России. – М. : Акварель, 2010. – 349 с.
12. Кочетков А. Я. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 7. – С. 850–864.
13. Кочетков А. Я., Игумнова Н. С., Ким А. А. Формационные и минеральные типы мезозойского оруденения Центрального Алдана // Геология и геохимия рудоносных магматических и метасоматических формаций зоны Малого БАМа. – Якутск : Якутский филиал СО АН СССР, 1986. – С. 20–31.
14. Леонтьев В. И. Крутопадающие минерализованные зоны как возможные рудоподводящие структуры золоторудного месторождения «Надежда» (Центральный Алдан) // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 2 (97). – С. 71–75.
15. Леонтьев В. И. Руды и метасоматиты крутопадающих минерализованных зон золоторудного месторождения «Надежда» (Центральный Алдан) // Геология в развивающемся мире : сборник научных трудов (по материалам VI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием). – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет. – 2013. – Т. 1. – С. 25–27.
16. Максимов Е. П., Уютов В. И., Никитин В. М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29, № 2. – С. 3–26.
17. Маслов Ю. С. Основные черты строения, морфологии и условий образования золоторудных месторождений коры выветривания Южной Якутии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. – 1961. – Вып. VI. – С. 93–100.
18. 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.
19. Парфенов Л. М., Кузмин М. И. Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия). – М. : МАИК «Наука» / Интерпериодика, 2001. – 570 с.
20. Петровская Н. В. Самородное золото. – М. : Наука, 1973. – 330 с.
21. Петровская Н. В., Яблокова С. В. Золото в корях выветривания // Рудоносные коры выветривания. – М. : Наука, 1974. – С. 173–182.
22. Разин Л. В., Рожков И. С. Геохимия золота в коре выветривания и биосфере золоторудных месторождений куранахского типа. – М. : Изд-во АН СССР Наука, 1966. – 253 с.
23. Рожков И. С. Закономерности формирования россыпных месторождений восточной части Сибирской платформы // Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах. – 1960. – Ч. II.
24. Телега Н. С. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Алданская. Лист О- 51-ХII. Объяснительная записка. – М. : Недра, 1967. – 72 с.
25. Угрюмов А. Н. Опыт формационного анализа золоторудных джаспероидных месторождений при крупномасштабном прогнозе и поисках // Формационный анализ и крупномасштабный прогноз рудных месторождений. – М. : ЦНИГРИ, 1987. – С. 70–77.
26. Угрюмов А. Н., Дворник Г. П. Метасоматические формации и золотая минерализация в рудном районе мезозойской тектоно-магматической активизации (Алданский Щит) // Известия УГГГА. Серия: Геология и геофизика. – 2000. – Вып. 10. – С. 119–128.
27. Уютов В. И. Некоторые аспекты петро- и рудогенеза на примере районов мезозойской активизации Алданского щита // Проблемы геологии, геофизики и полезных ископаемых Алдано-Станового геоблока. – Якутск : Изд-во ПГО «Якутскгеология», 1991. – С. 27–37.
28. Уютов В. И., Угрюмов А. Н., Карелин В. В. Мезозойский углекисло-железисто-калиевый метасоматоз Алдана // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1981. – № 1. – С. 52–60.
29. Яблокова С. В. Типоморфизм самородного золота зоны гипергенеза (на примере одного из месторождений Южной Якутии) // Минералогия самородных элементов. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 110–112.

REFERENCES

1. Boytsov V. Ye., Pilipenko G. N. Zoloto i uran v mezozoyskikh gidrotermalnykh mestorozhdeniyakh Tsentralnogo Aldana (Rossiya) [Gold and uranium in Mesozoic hydrothermal deposits of Central Aldan (Russia)], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1998, V. 40, No. 4, pp. 354–369. (In Russ.)
2. Bradinskaya Ye. M., Razvozhayeva E. A., Vilenkin E. A., Barankevich V. G. Zolotosoderzhashchiye uglevodistyye veshchestva v pervichnykh rudakh nekotorykh mestorozhdeniy Tsentralnogo Aldana [Gold-containing carbonaceous substances in primary ores of some deposits of Central Aldan], *DAN SSSR*, 1981, V. 260, No. 2, pp. 282–284. (In Russ.)
3. Vetluzhskikh V. G., Abramov V. A., Kochetkov A. Ya. et al. Kuranakhskeye rudnoye pole [Kuranakh ore field],

- Geology of gold deposits of the East of the USSR], *Geologiya zolotorudnykh mestorozhdeniy Vostoka SSSR*, Moscow, TSNIGRI publ., 1988, pp. 5–67. (In Russ.)
4. *Vetluzhskikh V. G., Kazanskiy V. I., Kochetkov A. Ya. Yanovskiy V. M.* Zolotorudnyye mestorozhdeniya Tsentralnogo Aldana [Gold deposits of Central Aldan], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2002, V. 44, No. 6, pp. 467–499. (In Russ.)
 5. *Gaskarov V. F.* Morfologicheskiye tipy zolotorudnykh tel i faktory, opredelyayushchiye ikh razmeshcheniye v mestorozhdeniyakh Tsentralnogo Aldana [Morphological types of gold ore bodies and factors determining their location in the deposits of Central Aldan], *Sbornik materialov po geologii zolota i platiny*, Moscow, Glavzoloto publ., 1955, Is. 11 (21), pp. 16–75. (In Russ.)
 6. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii*. Masshtab 1 : 200 000. Izdaniye vtoroye. Seriya Aldanskaya. List O-51-XII. Ob»yasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Second edition. Aldan series. Sheet O-51-XII. Explanatory note]. Vorobyev K. A., Kurbatov A. V, Moscow, Moskovskiy filial VSEGEI publ., 2015, 213 p. (In Russ.)
 7. *Kazarinov A. I.* Zakonomernosti razmeshcheniya glavnnykh tipov zolotogo orudneniya v Aldanskom rayone i printsipy ikh perspektivnoy otsenki [Patterns of distribution of the main types of gold mineralization in the Aldan region and principles of their prospective assessment], *Geologiya i metody izucheniya zolotorudnykh provintsiy*, Moscow, Nedrapubl., 1967, Is. 68, pp. 5–30. (In Russ.)
 8. *Kazarinov A. I.* K voprosu o genezise zolotorudnykh mestorozhdeniy Kuranakhskogo tipa [On the question of the genesis of gold deposits of the Kuranakh type], *Zolotorudnyye formatsii Dalnego Vostoka*, Moscow, Nauka publ., 1969, pp. 125–135. (In Russ.)
 9. *Kim A. A.* Analiz mineralogicheskikh osobennostey samorodnogo zolota v pervichnykh i okislennykh rudakh mestorozhdeniy Tsentralnogo Aldana [Analysis of the mineralogical features of native gold in primary and oxidized ores of deposits of Central Aldan], *Drevniye kory vyvetrivaniya Yakutii, Yakutsk, YAF SO AN SSSR* publ., 1975, pp. 109–127. (In Russ.)
 10. *Kim A. A.* Zoloto-telluridno-selenidnaya mineralizatsiya v Kuranakhskom mestorozhdenii [Gold-telluride-selenide mineralization in the Kuranakh deposit], *Zap. VMO*, 2000, No. 5, pp. 51–57. (In Russ.)
 11. *Konstantinov M. M.* Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii [Gold deposits of Russia], Moscow, Akvarel publ., 2010, 349 p. (In Russ.)
 12. *Kochetkov A. Ya.* Mezozoyskiye zolotonosnyye rudnomagmaticheskiye sistemy Tsentralnogo Aldana [Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of Central Aldan], *Geologiya i geofizika*, 2006, V. 47, No. 7, pp. 850–864. (In Russ.)
 13. *Kochetkov A. Ya., Igumnova N. S., Kim A. A.* Formatsionnyye i mineralnyye tipy mezozoyskogo orudneniya Tsentralnogo Aldana [Formation and mineral types of Mesozoic mineralization of the Central Aldan], *Geologiya i geokhimiya rudonosnykh magmaticheskikh i metasomaticheskikh formatsiy zony Malogo BAMA, Yakutsk, Yakutskiy filial SO AN SSSR* publ., 1986, pp. 20–31. (In Russ.)
 14. *Leontyev V. I.* Krutopadayushchiye mineralizovannyye zony kak vozmozhnyye rudopodvodyashchiye struktury zolotorudnogo mestorozhdeniya “Nadezhda” (Tsentralnyy Aldan) [Steeply dipping mineralized zones as possible ore-bearing structures of the Nadezhda gold deposit (Central Aldan)], *Vestnik IrGTU*, 2015, No. 2 (97), pp. 71–75. (In Russ.)
 15. *Leontyev V. I.* Rudy i metasomatity krutopadayushchikh mineralizovannykh zon zolotorudnogo mestorozhdeniya “Nadezhda” (Tsentralnyy Aldan) [Ores and metasomatites of steeply dipping mineralized zones of the Nadezhda gold deposit (Central Aldan)], *Perm: Permskiy gosudarstvennyy natsionalnyy issledovatel'skiy universitet* publ., 2013, V.1, pp. 25–27. (In Russ.)
 16. *Maksimov Ye. P., Uytov V. I., Nikitin V. M.* Tsentralno-Aldanskaya zoloto-uranovorudnaya magmatogennaya sistema (Aldano-Stanovoy shchit, Rossiya) [Central Aldan gold-uranium magmatic system (Aldan-Stanovoy shield, Russia)], *Tikhookeanskaya geologiya*, 2010, V. 29, No. 2, pp. 3–26. (In Russ.)
 17. *Maslov Yu. S.* Osnovnyye cherty stroyeniya, morfologii i usloviy obrazovaniya zolotorudnykh mestorozhdeniy kory vyvetrivaniya Yuzhnoy Yakutii [Main features of the structure, morphology and conditions of formation of gold deposits of the weathering crust of Southern Yakutia], *Materialy po geologii i poleznym iskopayemym Yakutskoy ASSR*, 1961, Is. VI, pp. 93–100. (In Russ.)
 18. *Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N., Yablokova S. V., Shatilova L. V.* Atlas samorodnogo zolota rudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy Rossii [Atlas of native gold of ore and placer deposits in Russia]. ed. A. I. Krivtsova, Moscow, TSNIGRI publ., 2003, 184 p. (In Russ.)
 19. *Parfenov L. M., Kuzmin M. I.* Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii respubliki Sakha (Yakutiya) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)], Moscow, MAIK “Nauka” Interperiodika” publ., 2001, 570 p. (In Russ.)
 20. *Petrovskaya N. V.* Samorodnoye zoloto [Native gold], Moscow, Nauka publ., 1973, 330 p. (In Russ.)
 21. *Petrovskaya N. V., Yablokova S. V.* Zoloto v korakh vyvetrivaniya [Gold in weathering crusts], *Rudonosnyye kory vyvetrivaniya*, Moscow, Nauka publ., 1974, pp. 173–182. (In Russ.)
 22. *Razin L. V., Rozhkov I. S.* Geokhimiya zolota v kore vyvetrivaniya i biosfere zolotorudnykh mestorozhdeniy

- kuranakhskogo tipa [Geochemistry of gold in the weathering crust and biosphere of gold deposits of the Kuranakh type], Moscow, Izd-vo AN SSSR Nauka publ., 1966, 253 p.(In Russ.)
23. *Rozhkov I. S.* Zakonomernosti formirovaniya rosspynykh mestorozhdeniy vostochnoy chasti Sibirskoy platformy [Patterns of formation of placer deposits in the eastern part of the Siberian platform], Zakonomernosti razmeshcheniya mestorozhdeniy v platformnykh chekhlyakh, 1960, Ch. II.(In Russ.)
 24. *Telega N. S.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Seriya Aldanskaya. List O- 51-XII. Ob'yas-nitel'naya zapiska [Geological map of the USSR, scale 1: 200,000. Aldan series. Sheet O-51-XII. Explanatory note], Moscow, Nedra publ., 1967, 72 p. (In Russ.)
 25. *Ugryumov A. N.* Opyt formatsionnogo analiza zolotorudnykh dzhasperoidnykh mestorozhdeniy pri krupnomasshtabnom prognoze i poiskakh [Experience of formational analysis of jasperoid gold ore deposits during large-scale forecast and prospecting], Formatsionnyy analiz i krupnomasshtabnyy prognoz rudnykh mestorozhdeniy, Moscow, TSNIGRI publ., 1987, pp. 70–77.(In Russ.)
 26. *Ugryumov A. N., Dvornik G. P.* Metasomaticheskiye formatsii i zolotaya mineralizatsiya v rudnom rayone mezozoyskoy tektono-magmaticheskoy aktivizatsii (Aldanskiy Shchit) [Metasomatic formations and gold mineralization in the ore region of Mesozoic tectono-magmatic activation (Aldan Shield)], Izvestiya UGGGA. Seriya: Geologiya i geofizika, 2000, Is. 10, pp. 119–128.(In Russ.)
 27. *Uyutov V. I.* Nekotoryye aspekty petro- i rudogenezisa na primere rayonov mezozoyskoy aktivizatsii Aldanskogo shchita [Some aspects of petro- and ore genesis on the example of areas of Mesozoic activation of the Aldan shield], Problemy geologii, geofiziki i poleznykh iskopayemykh Aldano-Stanovogo geobloka, Yakutsk, Izd. PGO “Yakutskgeologiya” publ., 1991, pp. 27–37. (In Russ.)
 28. *Uyutov V. I., Ugryumov A. N., Karelin V. V.* Mezozoy-skiy uglekislo-zhelezisto-kaliyevyy metasomatoz Aldana [Mesozoic carbon dioxide-iron-potassium metasomatism of Aldan], Izv. AN SSSR. Ser. geol, 1981, No. 1, pp. 52–60.(In Russ.)
 29. *Yablokova S. V.* Tipomorfizm samorodnogo zolota zony gipergeneza (na primere odnogo iz mestorozhdeniy Yuzhnoy Yakutii) [Typomorphism of native gold of the hypergenesis zone (on the example of one of the deposits of Southern Yakutia)], Mineralogiya samorodnykh elementov, Vladivostok, DVNTS AN SSSR publ., 1980, pp. 110–112. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.08.23; одобрена после рецензирования 25.12.23; принята к публикации 27.12.23.
The article was submitted 20.08.23; approved after reviewing 25.12.23; accepted for publication 27.12.23.

Журнал «Отечественная геология» принимает участие в геологических конференциях, совещаниях, съездах в качестве информационного партнёра, освещая на своих страницах важные события отрасли.

Приглашаем к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов по вопросам размещения рекламы или издания целевого номера.