

## МЕЗОЗОЙСКИЕ ЗОЛОТОНОСНЫЕ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛДАНА

**А.Я. Кочетков**

*ФГУНПП „Аэрогеология“, 117463, Москва, а/я 225*

Алданский щит (Алдано-Становая область) представляет собой древнюю литосферную плиту, неоднократно взаимодействовавшую в фанерозое с окружающими ее подвижными областями. Результатом этого взаимодействия в мезозое явилось широкое распространение магматических и рудных формаций на щите, образующих в его пределах несколько рудно-магматических узлов и районов, среди которых по размерам и экономической важности выделяется Центрально-Алданский рудный район. По отношению к щиту в целом, представляющему своеобразную рудно-магматическую провинцию, район может рассматриваться как региональная рудно-магматическая система (РРМС). Алданский комплекс является полиформационным, полихронным и полифациальным образованием, включающим разнообразные магматические, метасоматические и рудные продукты, обособленные в виде локальных рудно-магматических систем (ЛРМС).

Геолого-структурные и вещественные особенности Центрально-Алданской РРМС достаточно обычны для обстановки внутриплитной активизации, а разнообразие магматических пород в Центральном Алдане объясняется его „срединным“ положением в латеральной зональности мезозойского магматизма между щелочноземельной его составляющей на востоке и юге и ультращелочными комплексами на западе щита. В связи с этим в этом районе представлены почти все вещественные разновидности магматических пород Алданской провинции, относимые к разным формациям.

В пределах Алданского щита известны золоторудные месторождения и проявления различной формационной принадлежности. Однако практическое значение имеют месторождения четырех геолого-промышленных типов, главные из которых сосредоточены в Центрально-Алданском рудном районе (эльконский, рябиновский, лебединский, куранахский). При общем мезозойском возрасте золоторудные и золотосодержащие месторождения Центрального Алдана различаются положением в разрезе земной коры района, а пострудные блоковые движения разных амплитуд обусловили закономерности их размещения на современной земной поверхности или вблизи нее. В строении и вещественном составе этих месторождений имеются черты сходства и различия, позволяющие относить их к разным рудным формациям единого парагенного формационного ряда. Определенные различия в минералогии и геохимии золотосодержащих рудных тел могут быть обусловлены разными глубинами их формирования.

*Мезозой, щелочные породы, золото, сульфиды, пирит, метасоматиты, гипергенез, активизация, рудно-магматическая система, формации, Алданский щит.*

### MESOZOIC GOLD-BEARING ORE-MAGMATIC SYSTEMS OF CENTRAL ALDAN

**A.Ya. Kochetkov**

The Aldan Shield (Aldan-Stanovoy area) is an ancient lithospheric plate, which repeatedly interacted with surrounding mobile areas throughout the Phanerozoic. This interaction resulted in numerous igneous-rock and ore associations in the Mesozoic, which form several ore-magmatic clusters and districts. The largest and most commercially important of them is the Central Aldan ore district, which is considered a regional ore-magmatic system (ROMS) within the Aldan Shield, a specific ore-magmatic province. The Aldan complex is a polychronous and polyfacies association composed of diverse igneous, metasomatic, and ore products, which form local ore-magmatic systems (LOMS).

The geologic structure and lithology of the Central Aldan ROMS are typical of a within-plate activity setting. The diversity of igneous rocks in Central Aldan is due to its median localization in the laterally zonal area of Mesozoic magmatism, between alkali-earth rocks in the east and south and peralkaline rocks in the west of the shield. Therefore, this region bears almost all igneous rock varieties of different formations typical of the Aldan province.

There are a number of gold deposits and ore occurrences of different association types within the Aldan Shield. Of practical significance are deposits of four commercial types (El'kon, Ryabinovy, Lebediny, and Kuranakh), the major ones being localized in the Central Aldan ore district. Gold deposits of Central Aldan differ in their localization in the Earth's crust section. The post-ore block movements of different amplitudes determined the occurrence of these deposits on the modern Earth's surface or near it. The deposits have both common and different structural and compositional features, which permit them to be referred to different ore associations of a single paragenetic series. The difference in the mineralogy and geochemistry of gold orebodies might be due to different depths of their formation.

*Mesozoic, alkaline rocks, gold, sulfides, pyrite, metasomatites, hypergenesis, activity, ore-magmatic system, associations, Aldan Shield*

## ВВЕДЕНИЕ. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ РАЙОНА

Центральный Алдан является ярко выраженной региональной рудно-магматической системой (РМС) с исключительно разнообразным магматизмом, метасоматозом и оруденением, обязанным формированием мезозойской тектоно-магматической активизации Алданского щита. Мезозойские эндогенные образования района характеризуются как полигенные и полихронные, формировавшиеся на протяжении не менее 100 млн лет — от позднего триаса до позднего мела. В качестве региональной РМС на фоне глобальной Алданской системы Центральный Алдан рассмотрен нами ранее [1, 2].

Центрально-Алданский рудный район — основной золотоносный район Южной Якутии, в котором в 1923 г. было открыто первое промышленное золото республики. Более 80 лет Центральный Алдан является важнейшим поставщиком золота и других полезных ископаемых. На протяжении всей истории района в его пределах открывались новые россыпные и рудные месторождения золота. Вместе с тем для сохранения устойчивой минерально-сырьевой базы золотодобывающей промышленности требуется постоянное пополнение запасов разрабатываемых месторождений и выявление новых объектов разработки, в том числе неизвестных здесь ранее типов месторождений. Опыт поисков и научных исследований в районе свидетельствует, что, несмотря на значительную изученность, потенциальные его возможности далеко не исчерпаны, но реализация их требует существенных объемов поисковых и разведочных работ с привлечением новейших модификаций геофизических и геохимических методов. Одним из путей увеличения сырьевых ресурсов района является вовлечение в эксплуатацию многометалльных комплексных руд ряда месторождений. О потенциальных возможностях района свидетельствует история открытия месторождений разного типа, последними из которых в 80—90-е годы были открыты золотопорфировые месторождения с медью и молибденом (Рябиновское, Самолазовское). Результаты исследования платиноносности мезозойских щелочных комплексов в эти же годы расширяют возможности прогнозирования новых месторождений МПГ [3, 4].

Центральный Алдан со времени открытия первых россыпей (1923 г.) и рудных месторождений золота (1927 г.), а позднее и урана изучался десятками производственных и научных организаций, сотнями геологов разного профиля. Основные закономерности геологического строения района и размещения золоторудных месторождений и золотоносных россыпей были установлены и описаны В.Н. Зверевым [5], Ю.А. Билибиным [6], А.А. Фасталовичем, Н.В. Петровской [7], А.И. Казариновым [8] и другими исследователями ранних периодов изучения золотоносности Южной Якутии, результаты работ которых сохраняют актуальность на протяжении многих десятилетий. Менее известны более поздние (рукописные) обобщения по геологии района и золоторудных месторождений, выполненные под руководством Г.М. Азанова (1963 г.), А.Н. Угрюмова (1978 г.) и В.Г. Ветлужских (1987 г.). В многочисленных публикациях освещены вопросы стратиграфии, магматизма и тектоники района, закономерности размещения, строение и вещественный состав основных типов золоторудных месторождений [9]. Месторождения Лебединского и Куранахского рудных узлов в основном были разведаны и изучены уже к 60—70-м годам (В.Ф. Гаскаров, В.А. Ксёндз, А.И. Кукс и др.). В 70—80-е годы геофизиками ТУГРЭ ЯПГО под руководством В.А. Абрамова и при сотрудничестве с Институтом геологии ЯФ СО АН СССР (А.Я. Кочетков, Ю.А. Ним) осуществлен комплекс геофизических исследований золоторудных полей района [10]. В 80-е годы особое внимание при изучении магматизма привлекли ранее слабо изученные щелочные ультрабазиты и базиты [11]. С конца 70-х годов геологами ТУГРЭ ЯТГУ, ИГ ЯФ СО АН СССР и Свердловского горного института началось изучение нового типа золоторудных месторождений — молибден-медно-золотопорфирового оруденения в щелочных массивах [12]. Значительный новый материал по минералогии золота и платины из рудных и россыпных месторождений опубликован А.А. Ким и Н.С. Игумновой [13]. В последнее десятилетие появились работы, в которых рассматриваются закономерности распространения, строение и вещественный состав золоторудных и ураново-рудных месторождений в их тесной взаимосвязи (В.Е. Бойцов и Г.Н. Пилипенко [14], В.И. Казанский [15], А.К. Мигута [16] и др.).

## СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ РАЙОНА

В строении земной коры Центрального Алдана присутствуют все три структурных яруса Алданского щита — докембрийский кристаллический фундамент, палеозойский платформенный чехол и мезозойские орогенные отложения. Образования указанных ярусов прорваны многочисленными интрузивными телами докембрийского и мезозойского возрастов. Ограниченно в строении нижнего и верхнего ярусов участвуют вулканические породы [17].

Несмотря на определяющую роль мезозойского этапа в формировании рудных месторождений Алдана, на характере их распределения и локализации отразилась и предшествующая геологическая история щита. В гетерогенном докембрийском фундаменте Алданского щита А.Н. Угрюмовым [18] выделены два крупных мегаблока (системы) — Алдано-Тимптонский, размещенный между реками Олекма и Тимптон, и Тимптоно-Учурский, расположенный между реками Тимптон и Учур, или, по [19], Олекмо-Алданская и Нимыро-Суннангинская глыбовые структуры I порядка. Одной из границ между

мегаблоками является Тыркандинский глубинный разлом СЗ-ЮВ простирания, отчетливо проявленный в магнитном и гравитационном полях. Собственно Центральный Алдан размещен в Алдано-Тимптонской системе, представляющей собой сложное сводовое поднятие, и приурочен к куполовидной структуре нуклеарной стадии формирования земной коры. Куполовидная структура в центральной ее части сложена гнейсами, кристаллическими сланцами и кварцитами верхнеалданской свиты древнейшего в районе иенгрского структурно-фациального комплекса (СФК), а также гранитами и гранитогнейсами. Периферия структуры сложена гнейсами и кристаллическими сланцами федоровской свиты той же серии, также гранитизированными и мигматизированными. Куполовидная структура слагает центр региональной кольцевой структуры и осложнена многочисленными складками высоких порядков шириной 10—25 км или узкими, наклонными и опрокинутыми с разнонаправленными осевыми плоскостями. В пределах Центрального Алдана выделены Угоянский и Нижнетимптонский антиклинории и разделяющий их узкий Куранахский синклинорий [20]. Важнейшей особенностью Алдано-Тимптонской системы является широкое развитие в ней гранитов, гранитогнейсов и мигматитов, образующих локальные мигматитовые поля. Эти поля фиксируют площади максимального проявления калиевого гранитоидного магматизма и реоморфизма, сопряженные с горстовыми выступами древнейшего инфракрустального фундамента. Интенсивная гранитизация и метасоматоз обусловили образование крупнейших месторождений флогопита и железа.

Карбонатные и терригенно-карбонатные породы венд-нижекембрийского платформенного чехла залегают почти горизонтально. Более крутое их залегание наблюдается только вблизи некоторых разломов и контактов мезозойских плутонов. В отложениях чехла существенно преобладают доломиты, мергели и известняки с незначительным участием известковистых песчаников. Эти породы объединены в пять свит общей мощностью до 700 м, нижняя из которых (юдомская) имеет вендский возраст, остальные — раннекембрийский (пестроцветная, тумулдурская, унгелинская, куторгиновая). По составу, строению, тектонической позиции и геодинамическим условиям формирования породы чехла соответствуют карбонатной платформенной формации. Разрез ее непрерывный, изменения состава пород постепенные, отражающие смену условий осадконакопления — лагунные фации во времени сменяются мелководными осадками открытого моря. Уже при отложении юдомских доломитов формировался конседиментационный Якокутский субмеридиональный палеопрогиб, заложенный в ядрах архейских купольных структур. Формирование прогиба продолжилось в мезозое, что в значительной степени определило размещение мезозойских магматических, метасоматических и рудных образований (локальных РМС).

Режим активизации докембрийских платформенных структур в мезозое и кайнозое обусловил формирование кор выветривания, развитие метасоматических процессов, формирование рудных месторождений на разных стратиграфических уровнях и выведение их на современную поверхность. Структурный этаж, сформированный в период орогенной тектономагматической активизации, сложен в Центральном Алдане раннесреднеюрскими аркозовыми красноцветными песчаниками, гравелитами и конгломератами (базальными и внутриформационными) с прослоями сероцветных углисто-глинистых сланцев (юхтинская свита нижней юры). Максимальная мощность юхтинских аркозов до 500 м установлена в Верхнеякокутской депрессии. Результатом мезозойских и более молодых тектонических процессов стало образование на месте Якокутского палеопрогиба системы сопряженных впадин (Куранахская и Верхнеякокутская) и горстов (Байонайский, Эльконский и Нимнырский). Впадины разделены широтным поднятием Ороchonского увала, где мощность чехла не превышает 80 м. По [19], амплитуда поднятия горстов и опускания грабенов составляет в сумме до 1500 м. Система блоковых структур Центрального Алдана является контролирующей по отношению к магматическим, метасоматическим и рудным телам, образующим региональную РМС. Морфология этой региональной структуры, наличие в осевой ее части впадин, выполненных молассоидными отложениями, широкое развитие щелочнобазальтоидного и латитового магматизма, а также характер гравитационного поля (приуроченность к системе впадин линейного гравитационного минимума) в значительной степени соответствуют признакам континентальной рифтогенной структуры [20]. Вместе с тем со временем рифтогенный режим сменился собственно орогенным с широким развитием в мелу гранитоидного магматизма в Становой области и, в меньшей степени, в Алданском своде.

### МЕЗОЗОЙСКИЙ МАГМАТИЗМ РАЙОНА

Алданский магматический комплекс известен с 20-х годов благодаря исследованиям В.Н. Зверева [5] и Ю.А. Билибина [6, 21]. Позднее петрография, минералогия и геохимия пород комплекса охарактеризованы С.М. Кравченко и Е.В. Власовой [22] и Т.В. Билибиной с сотрудниками [23]. Е.П. Максимовым [19] предложено наиболее обоснованное в то время формационное деление комплекса. В 80—90-е годы прошлого столетия рядом исследователей получены новые данные по вещественному составу, происхождению и рудоносности алданского комплекса, установлены карбонатиты и калиевые пикриты в его составе, выявлены неизвестные ранее типы редкометалльной, сульфидной, благороднометалльной и

Таблица 1. Петрогеохимические особенности магматических пород алданского комплекса

Формационная группа и ее состав, локальные магматические комплексы	SiO <sub>2</sub> , %	Индикаторные отношения			
		K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	K/Rb	Th/U	La/Yb
Известково-щелочная гранитоидная (гранит-порфиры, граносиенит-порфиры, кварцевые сиениты, кварцевые порфиры), оронский и учурский комплексы	62—68	0,4—0,6	300	1,7	12
Субщелочная трахит-сиенитовая (сиениты, ортофиры, монзониты, андезитотрахиты, трахиты), лебединский комплекс	58—64	0,9—1,2	400—600	4	20—30
Калиевая лейцитит-щелочно-сиенитовая (лейцититы, щелочные базальты, кальсилитовые сиениты, малиниты, эпилейцитовые сиенит-порфиры, псевдолейцитовые трахиты, калиевые бостониты), ыллымахский и мурунский комплексы	52—64	2—10 (100)	400—800	4—6	20—40
Калиевая шонкинит-щелочно-пикритовая (шонкиниты, шонкинит-пикриты, калиевые пикриты, миссуриты, щелочные минетты, слюдястые перидотиты, дуниты, карбонатиты), инаглинский и тобукский комплексы	37—50	2—14	450—600 (до 1000)	4,76	12—20
Калий-натриевая фонолит-нефелин-сиенитовая (фонолиты, щелочные трахиты, эгириновые сиениты, нефелиновые сиениты), рябиновский комплекс	56,5—69	0,6—0,75	279—308	4,1	5,8

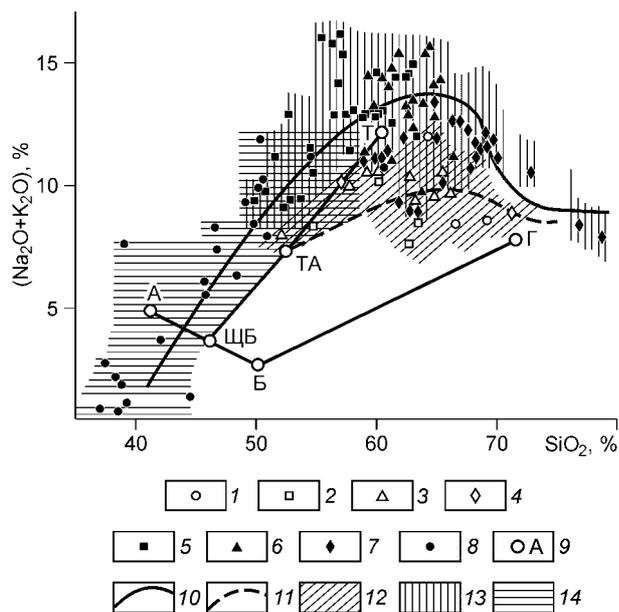
Примечание. При составлении таблицы использована выборка из 60 проб наиболее распространенных пород района.

нерудной минерализации, рассмотрены условия магмо- и рудообразования [9]. В изучении петрологии и геохимии алданского комплекса в рамках творческого содружества приняли участие ряд ученых Англии, Германии и Австрии (У. Крамм, П. Сэддэби, У. Мюс-Шумахер, Й. Келлер, С. Фоли и др.) [24].

Центрально-Алданский район является самым крупным ареалом мезозойского магматизма в пределах Алданского щита (12,5 тыс. км<sup>2</sup>). Здесь представлен широкий спектр магматических пород — ультращелочные, щелочные, субщелочные и щелочноземельные от ультраосновных до кислых (табл. 1). Большую часть его объема слагают трахит-сиенитовая и лейцитит-щелочно-сиенитовая формации (вулканоплутонические ассоциации) и гранитоидная формация. Нами выделена также калиевая щелочнопикритовая (шонкинит-щелочно-пикритовая) формация [11], позже определенная также как лампроитовая [25]. В ряде случаев породы разных формаций слагают полиформационные полихронные и полифациальные массивы центрального типа, особенно характерные для Центрального Алдана [2, 26]. В районе известно более 20 щелочных и субщелочных массивов — штоков, лакколлитов, кольцевых вулканоплутонических комплексов. Томмотский, Мрачный, Якутский, Ыллымахский, Стрелка, Рябиновый, Еннье, Инаглинский, Джекондинский, Аномальный, Шаманский, Юхтинский, Юхухтинский массивы сопровождаются рудопроявлениями и россыпепроявлениями золота и иногда платины. Распространенной формой магматических тел являются также силлы, свиты силлов, дайковые пояса и поля. Реже встречаются неки, трубки взрыва, субвулканические тела.

Обильные и чрезвычайно разнообразные по составу (даже в пределах одного массива), формам тел и условиям образования мезозойские магматические породы Центрального Алдана представляют значительные трудности для их формационного анализа. Так называемый алданский комплекс [6, 26] является полихронным, полиформационным и полифациальным образованием, обязанным длительности проявления магматической деятельности на одних и тех же площадях, совмещению в пространстве и во времени внедрения продуктов из разных магматических источников, смешению магм разного состава. Геологические соотношения, петрографические и петрохимические характеристики магматических пород позволяют, с некоторой долей условности, выделить пять породных ассоциаций (формационных групп) (см. табл. 1, рис. 1).

Алданский щит (Алдано-Становая область) представляет собой древнюю литосферную плиту, неоднократно взаимодействовавшую в фанерозое с окружающими ее подвижными областями. Проявления мезозойского магматизма и оруденения в пределах Алданского щита связаны с его тектономагматической активизацией, являющейся отражением орогенеза в смежных Монголо-Охотской и Верхояно-Чукотской складчатых областях, на южной и юго-восточной активной окраине мезозойского палеоконтинента. По геодинамическому положению в мезозое Алданский щит соответствует тыловым зонам палеограницы континент—океан с характерным внутриплитным рифтогенным магматизмом. Наиболее активным было воздействие на щит мезозойской Монголо-Охотской складчатой системы, расположенной на юге и юго-востоке от него. Результатом этого взаимодействия было широкое распространение мезозойских



**Рис. 1. Диаграмма классификации мезозойских магматических пород Центрального Алдана.**

1—8 — фигуративные точки составов пород: 1 — кварцевые порфиры и гранит-порфиры, 2 — сиенит-порфиры и вогезиты, 3 — сиениты и монзониты, 4 — гранит-порфиры, 5 — щелочные трахиты, 6 — пуласкиты, эгириновые и нефелиновые сиениты, 7 — щелочные сиенит-порфиры, сельвсбергиты, грорудиты, 8 — калиевые пикриты, калиевые перидотиты, шонкинит-пикриты, шонкиниты; 9 — эталонные составы альнеитов (А), базальтов (Б), щелочных базальтов (ЩБ), трахиандезитов (ТА), трахитов (Т) и гранитов (Г), по [29], 1982; 10 — верхняя граница поля субщелочных пород; 11 — нижняя граница поля щелочных пород; 12—14 — поля составов пород мезозойских формационных групп: диорит-гранодиоритовой и трахит-сиенитовой (12), лейцитит-щелочносиенитовой (13), шонкинит-щелочнопикритовой (14).

рально-Алданский рудный район. По отношению к щиту в целом, представляющему по масштабам развития магматических и постмагматических образований своеобразную рудно-магматическую провинцию, Центральный Алдан может рассматриваться как региональная рудно-магматическая система (РРМС). В размещении разнообразных проявлений мезозойского магматизма в пределах щита привлекает внимание, с одной стороны, узловый характер их распределения, с другой — латеральная зональность, выраженная увеличением роли глубинных щелочных пород во внутренних частях щита. Проявления этой зональности, а также палеотектонические построения приводят к выводу об активном характере южных границ щита в мезозое с субдукцией океанической коры Монголо-Охотского бассейна к северу и северозападу [27]. Особенностью мезозойского этапа тектономагматического развития района является влияние коллизионных процессов на южной окраине мезозойского материка, на границе с Монголо-Охотской геосинклинальной областью, и проявление относительно автономных процессов внутриплитного рифтогенеза. Результатом этого сложного взаимодействия явилось блоковое строение района, выраженное системой грабенов и горстов с элементами очаговых морфоструктур разного порядка. Нами в 1984 г. показана для алданского комплекса петрохимическая и геохимическая близость его пород вулканитам океанических дуг [11], что может быть одним из свидетельств проявления субдукции на южной и юго-восточной окраинах мезозойского континента и участия субдуцированной океанической коры в формировании материнских магматических очагов алданского комплекса. Вместе с тем нельзя не учитывать проявления рифтогенных процессов, особенно на ранних стадиях мезозойской активизации щита при формировании в юре системы Южно-Якутских впадин. Узлы мезозойского магматизма в пределах Алданского щита тяготеют к двум широтным полосам, параллельным системе этих впадин. О проявлении рифтогенных процессов свидетельствуют морфология Центрально-Алданской РМС, наличие мезозойских молассоидных впадин в осевой части структуры, широкое развитие щелочно-базальтового и латитового магматизма, а также характер гравитационного поля. Проявление и взаимодействие двух тектонических обстановок (субдукция и рифтогенез) установлено также на западе США [28].

Системный подход к анализу геолого-структурных, петрогеохимических и минералогических особенностей мезозойского магматизма и оруденения Центрального Алдана выявляет как различия отдельных ассоциаций (формаций и серий) пород, так и определенные свидетельства их парагенетических связей. Столь же сложны и разнообразны связанные с мезозойскими магматитами рудные месторождения и проявления, в том числе крупные месторождения золота и урана, генетические модели и близкие аналоги которых в других регионах пока неизвестны. Отмеченные особенности Центрально-Алданской РМС достаточно обычны для обстановки внутриплитной активизации [30]. Кроме того, разнообразие магматических пород в Центральном Алдане объясняется его „срединным“ положением в латеральной зональности мезозойского магматизма между существенно щелочноземельным востоком и югом и ультращелочным западом щита. В связи с этим в этом районе представлены почти все вещественные разновидности магматических пород Алданской провинции, относимые к разным формациям. Указанные выше формации различаются по степени проявления дифференциации слагающих их пород, типу щелочности и геохимии редких и рассеянных элементов. Анализ их петрохимических особенностей показал как дискретность вещественного состава алданского комплекса, так и наличие переходных между формациями разновидностей пород, что объясняется взаимодействием, возможно, иногда перемешиванием магм разного

состава в процессе формирования отдельных магматических ареалов и массивов. Вместе с тем определенная близость петрохимических составов ранних дифференциатов разных формаций свидетельствует о правомочности представлений Ю.А. Билибина о первичной магме, докристаллизационная дифференциация которой привела к образованию нескольких магм, автономно поступавших в верхние этажи земной коры. Предполагаемый состав этой гипотетической первичной магмы соответствует щелочным трахибазальтам. В свою очередь эволюция составов автономных магм в процессе кристаллизационной дифференциации обусловила разнообразие пород алданского комплекса.

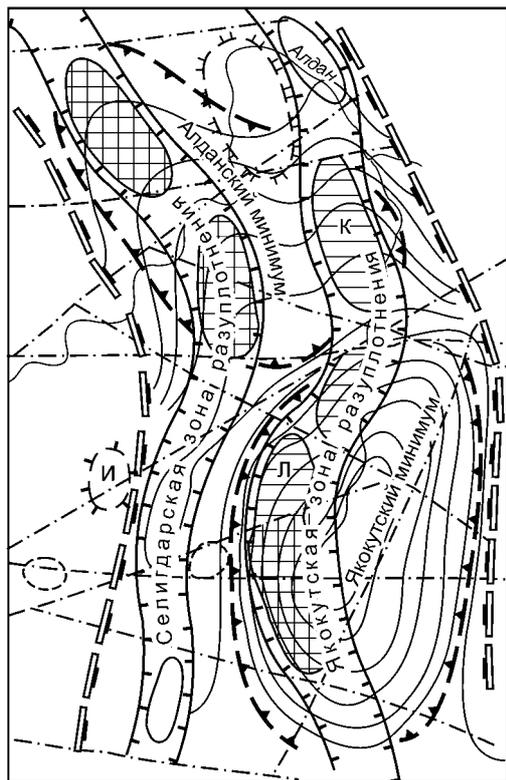
### ДИЗЬЮНКТИВНАЯ ТЕКТОНИКА РАЙОНА

Дизьюнктивная тектоника Центрального Алдана характеризуется значительной сложностью и многоэтапностью формирования. Геологическая съемка масштаба 1:50 000 не выявила всей полноты системы разломов и зон трещиноватости района. Магнитометрические и гравиметрические съемки средних и крупных масштабов существенно дополнили количество разрывных нарушений разной глубины заложения [31]. Практически для всех известных видов мезозойского и более древнего оруденения дизьюнктивы соответствующего возраста являются важным рудоконтролирующим фактором и, соответственно, поисковым критерием (геологической предпосылкой).

Установленные в Центральном Алдане диагональные и ортогональные системы разломов имеют древнее, возможно, архейское заложение и неоднократно активизировались на протяжении геологической истории щита. Эти разломы проявлены широкими (до 15 км) протяженными (до сотен километров) зонами сближенных разрывов, сопровождающимися дроблением и метасоматическими изменениями пород, проявлениями архейского, протерозойского и мезозойского магматизма, а в Тыркандинском разломе также телами базитов и ультрабазитов, отчетливо проявленными линейными аномалиями магнитного поля. Геологическим картированием установлена более существенная роль диагональных нарушений для размещения мезозойских магматических комплексов, в том числе рудоносных и рудоконтролирующих даек. Этими же нарушениями контролируются зоны древних метасоматитов, брекчий и милонитов, поля архейских гранитов и мигматитов, протерозойские дайки диабазов, а также разновозрастные месторождения флогопита, железа, диопсида и других полезных ископаемых [32]. Движения по разломам проявлены в виде сбросов, взбросов и сдвигов. Несомненно, что система домезозойских разломов в мезозое была осложнена и дополнена более молодыми разрывами. В результате Центрально-Алданский рудный район (ЦАР) оказался приуроченным к каркасу пересекающихся систем дизьюнктивов, среди которых по мощности, протяженности, магмо- и рудоконтролирующей роли выделяется Якокутская зона (линеамент), прослеживаемая по геофизическим данным на сотни километров на юг и на север [20, 31]. С этой зоной сопрягается кулисообразная серия северо-восточных дугообразных разрывов высокого порядка, а также горизонтальные зоны дробления и трещиноватости и трещины отрыва. Последние по нормали причленены к дугообразным разрывам с изгибом по простиранию с северо-запада на север-северо-запад (Турукская система, контролирующая размещение золоторудных полей, месторождений и отдельных залежей). Дугообразные разломы нередко сопровождаются новейшими грабенообразными долинами, к которым приурочены русла современных рек. Амплитуды опускания в таких долинах составляют 200—500 м. В гравиметрическом поле эти долины сопровождаются зонами пониженных значений силы тяжести.

Значительным распространением в Центральном Алдане пользуются горизонтальные ослабленные зоны дробления и трещиноватости в породах карбонатного чехла и на контактах его с подстилающими и перекрывающими силикатными толщами. Этим зонам принадлежит особая роль в формировании горизонтальной расслоенности рудовмещающей части земной коры щита и в размещении оруденения, что подтверждено, в частности, геофизическими данными [31]. Мощность таких зон меняется от 5 до 30 м. В них наблюдаются зеркала скольжения, складки коробления, повышенная трещиноватость и брекчирование. В горизонтальных ослабленных зонах размещены пластовые интрузии, иногда значительной мощности, и лакколиты.

Важным структурным магмо- и рудоконтролирующим элементом строения Центрального Алдана являются кольцевые структуры разных порядков (тектономагматические концентрические комплексы, по [33]). Рудный район приурочен к региональной кольцевой структуре древнего заложения, образованной в раннем архее на нуклеарной стадии формирования земной коры [33]. Раннеархейская кольцевая структура имеет диаметр до 300 км. Центральный Алдан представляет активизированную в мезозое часть древней структуры — региональный концентрический комплекс 120 км в диаметре. Эта структура идентифицируется на космических снимках, мелкомасштабных геологических картах и на картах физических полей [31, 34]. Кольцевые структуры еще более высокого порядка также образовались в мезозое и имеют магматогенную природу [35]. Они отчетливо выделяются при структурно-морфологическом анализе современного рельефа и на среднемасштабных геологических и геофизических картах. Кольцевую или близкую к кольцевой форму имеют юрские впадины — Куранахская и Верхнеякокутская. Кольцевые



**Рис. 2. Схема строения и интерпретации гравитационного поля Центрального Алдана.**

1 — границы зоны максимальных горизонтальных градиентов силы тяжести, соответствующей линеаменту; 2 — субрегиональные гравитационные минимумы, обусловленные глубинными магматическими очагами I порядка (а), и изолинии силы тяжести (б); 3 — субмеридиональные линейные зоны разуплотнения, соответствующие зонам глубинных разломов (а), и разломы близширотные и диагональные (б); 4 — локальные гравитационные минимумы, обусловленные промежуточными магматическими очагами II порядка; 5 — перспективные золоторудные площади (а — с известными золоторудными месторождениями: К — Куранахского, Л — Лебединского рудных полей; б — прогнозируемые по геологическим и геофизическим критериям); 6 — гравитационный максимум, совпадающий с Байонайским горстом; 7 — локальные гравитационные максимумы, приуроченные к ультраосновным массивам (а — Инагли, б — предполагаемые не вскрытые массивы).

и блоковые структуры являются типичными для областей тектономагматической активизации и обычно контролируются разрывными нарушениями и их пересечениями. В единую радиально-концентрическую систему диаметром 120 км эти структуры объединены Е.П. Максимовым и В.В. Серединым [36], при этом к разным сегментам этой системы приурочены разные типы рудных месторождений.

На известных рудных полях основными структурными элементами являются крутопадающие разломы, расчленяющие кристаллический фундамент и карбонатный чехол на отдельные блоки. При сопоставлении карты изоаномалий гравитационного поля с результатами дешифрирования космических снимков установлена региональная Центрально-Алданская кольцевая структура [37]. Здесь же фиксируется мощная система разломов (линеамент) близмеридионального простирания.

Пониженные значения силы тяжести характеризуют участки земной коры, богатые интрузивными и метасоматическими породами среднего и кислого состава. Отличительная особенность гравитационного поля Центрального Алдана — наличие крупного Якокутского минимума силы тяжести, выраженного замыканием ряда изоаномалий (рис. 2). Размеры минимума в плане 75—80 × 40—45 км (3000—3200 км<sup>2</sup>) при ориентировке длинной оси на ССВ. Севернее его наблюдается Алданский минимум размером 70—75 × 40—45 км, ориентированный длинной осью на СЗ [31]. Оба минимума обусловлены зонами разуплотнения, локализованными на границе гранитного и базальтового слоев и отождествляемыми с мезозойскими очагами магмообразования I порядка; оба сопровождаются пониженным уровнем магнитного поля до отрицательных аномалий в центральной части Якокутского минимума и включены в субмеридиональную зону пониженного уровня гравитационного поля, протягивающуюся от широты р. Большой Нимыр на северный склон Алданской антеклизы при ширине 50—80 км. Зона ограничена линиями повышенных градиентов изменения силы тяжести — гравитационными ступенями. Расчеты гравитационного поля и сейсмологические данные показали, что в пределах этой зоны мощность земной коры уменьшается до 37—38 км при 38—42 км на флангах. Внутри описанной зоны выделяются узкие (12—20 км) полосы относительно более интенсивного разуплотнения, повышенной трещиноватости и дробления, и высокой проницаемости земной коры (Якокутский и Селигдарский глубинные разломы). Наиболее проницаемые участки сопровождаются овальными гравитационными минимумами до 40 × 20 км размером, обусловленными застывшими периферическими магматическими палеоочагами II порядка, размещенными на глубинах 8—10 км. К контурам этих очагов тяготеют многие вскрытые и не вскрытые (на глубинах до 3 км) мезозойские щелочные и субщелочные интрузивные и золоторудные тела.

Таким образом, в ЦАР установлено трехъярусное расположение разнопорядковых зон разуплотнения: мезозойский палеоочаг I порядка — промежуточные палеоочаги II порядка — вскрытые и не вскрытые мезозойские интрузивные тела, участки сгущения которых характеризуются переменным магнитным полем и размещением золоторудных жил и залежей. Особое место в физических полях Центрального Алдана занимают аномалии, связанные с телами калиевых пикритов и слюдистых перидотитов, а также с широко распространенными карстовыми структурами. Необходимо отметить также приуроченность золоторудных месторождений к области переменного магнитного поля слабой интенсивности, к участкам перехода от положительных к отрицательным аномалиям. Пониженные значения гравитационного и

магнитного полей, понижение скорости прохождения сейсмических волн отмечены ранее для золоторудных полей Верхнего Приамурья [38].

### ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛДАНА

Центрально-Алданский рудный район известен как чрезвычайно богатый минеральными ресурсами. Здесь имеется множество месторождений почти всех известных в природе генетических типов — метаморфогенные (графит), карбонатитовые (апатит, редкие земли), магматические (платина, хром), пегматитовые (хром-диопсид, керамическое сырье), скарновые (флогопит, железо, диопсид), гидротермальные плутоногенные жильные и метасоматические (пьезокварц, флюорит, уран, золото, медь, молибден, свинец, цинк, вольфрам, висмут, МПГ), гидротермальные вулканогенные (золото, серебро, теллур) и россыпные (золото, МПГ). Многие из этих месторождений составляют минерально-сырьевую базу различных отраслей горно-рудной промышленности (золото, флогопит, пьезокварц, хром-диопсид, железо, апатит). Основное же значение для экономики района имеют золоторудные месторождения. В пределах Алданского щита известны золоторудные месторождения и проявления практически всех основных известных формационных типов. Однако промышленное значение имеют только некоторые из этих месторождений, главные из которых сосредоточены в Центрально-Алданском рудном районе.

Мезозойские рудные месторождения Центрально-Алданского района изучаются и эксплуатируются около 80 лет. Своеобразие генезиса и вещественного состава обусловили сложность их сопоставления с известными в литературе месторождениями и определения формационной принадлежности. Так, в большинстве формационных классификаций эндогенных месторождений аналоги центрально-алданских типов оруденения отсутствуют. Исследования последних лет, результаты отработки рудных и россыпных месторождений, открытие новых промышленных объектов в Центрально-Алданском районе подтверждают возможности развития сырьевой базы благородных металлов в этом и других перспективных рудных районах Алданского щита.

Автором предпринята попытка сопоставить основные черты сходства и различия четырех главных рудных полей Центрального Алдана — Эльконского, Рябиновского, Лебединского и Куранахского, представив их в качестве составляющих единой региональной рудно-магматической системы. При этом автор признает „разнокалиберность“ этих рудных полей, соответствующих по площади, за исключением Рябиновского, крупным рудным узлам.

В практике поисков, разведки и изучения мезозойских рудных месторождений Центрального Алдана утвердилось их разделение на структурно-морфологические и минерально-геохимические типы, по существу соответствующие геолого-промышленным типам [13, 32, 39, 40]. В настоящее время в Центральном Алдане известны, по крайней мере, четыре геолого-промышленных (или промышленно-генетических) типа месторождений цветных, редких и благородных металлов — лебединский, куранахский, эльконский и рябиновский (перечислены в порядке их открытия) (табл. 2). Однако известные представления об их формационной принадлежности чрезвычайно противоречивы. Ряд исследователей в составе единой формации рассматривают все указанные типы месторождений или некоторые из них [32, 40, 41]. Д.А. Тимофеевский [42] отнес месторождения лебединского и куранахского типов к золото-карбонат-сульфидной и золото-сульфидной формациям соответственно.

Уже ранние исследователи золотоносности Центрального Алдана обращали внимание на тесные связи рудных проявлений района с мезозойскими интрузивами [5, 6, 43]. Но только после открытия в 1927 г. первых золоторудных жил Лебединского рудного поля Ю.А. Билибиным и Э.Л. Понсоном [43, 44] эти связи получили практическое подтверждение и теоретическое обоснование. В последующие 30 лет лебединские жилы и залежи служили минерально-сырьевой базой крупнейшей золотоизвлекательной фабрики СССР. Месторождения Лебединского рудного поля оказались не только крупными и богатыми, но и очень сложными по составу, строению и происхождению (гетерогенными или полигенными). В течение всего времени их изучения и отработки эти объекты не вписывались в известные классификации золоторудных месторождений и до сих пор в литературе относятся к разным формационным и промышленным типам. Н.В. Петровская считала их умеренно-сульфидными, Ю.П. Ивенсен и В.И. Левин включали их в особую группу месторождений в карбонатных породах [40], А.Н. Угрюмов — в широко понимаемую им джаспероидную формацию (вместе с месторождениями Куранахского рудного поля) [19]. Мы полагаем, что модель месторождений лебединского типа может быть описана как сочетание в разных пропорциях золото-апоскарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденений. Некоторую экзотику представляют золото-пирит-карбонатные залежи, редко встречающиеся в золоторудных месторождениях. Привлекаемые для сравнения аналоги, как правило, соответствуют какой-то части лебединского оруденения (Пилгрим-Рест, Тинтик, Ольховско-Чибжежское и, возможно, Воронцовское золоторудные поля).

Не менее сложно определялась формационная принадлежность месторождений Куранахского рудного поля. Глубокая переработка первичных рудных тел гипергенными процессами и их карстование

Таблица 2. Геологические особенности разноглубинных золоторудных месторождений Алданского щита

Золоторудные поля, формационные типы месторождений	Рудовмещающие породы месторождений	Положение рудных тел относительно фундамента щита	Характер связи оруденения с мезозойским магматизмом
Эльконское, золото-сульфидно-калишпатовый тип (редкометалльный)	Гнейсы федоровской свиты и гранитогнейсы (архей)	В породах архейского фундамента	Структурно-парагенетическая связь с лейцитит-щелочно-сиенитовой формацией
Рябиновское, золото-сульфидно-мусковитовый тип (порфиновый)	Кальсилитовые сиениты и эпилейцитовые сиенит-порфиры (верхняя юра—нижний мел)	В интрузивах, прорывающих породы фундамента	Пространственно-парагенетическая связь с лейцитит-щелочносиенитовой формацией
Лебединское, золото-сульфидно-карбонатный и золото-сульфидно-кварцевый тип (джаспероидный)	Доломиты юдомской свиты (венд—нижний кембрий)	В 40—80 м от фундамента	Парагенетическая связь с трахит-сиенитовой формацией
Куранахское, золото-малосульфидно-кварцевый тип (теллуридный)	Известняки куторгиновой свиты (нижний кембрий)	В 500—600 м от фундамента	Структурно-парагенетическая связь с мезозойскими дайками

привели к почти полной потере их типоморфных особенностей. В результате куранахские месторождения относились к малосульфидным (Н.В. Петровская) [7], к месторождениям в карбонатных породах (Ю.П. Ивенсен, В.И. Левин) [40] или к элювиальным россыпям (Ю.С. Маслов, В.С. Войтович) [45]. На возможность эпитермальной природы первичных куранахских руд впервые указал А.И. Казаринов [46]. Однозначно это было доказано детальными исследованиями А.А. Ким теллуридной минерализации в рудах месторождения Дэлбэ Куранахского рудного поля [47]. Обосновывая эпитермальную природу первичных руд Куранахского рудного поля, мы связываем их образование с влиянием на структуры щита процессов формирования золото-сереброносного Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

Куранахские месторождения образовались в результате сложного сочетания гипогенных и гипергенных процессов. Нами предложено отнести их в особый тип эпитермально-гипергенных месторождений [48]. По составу первичных руд они близки Балею, Крипл-Крику, Сильвертону, в некоторой степени месторождениям карлинского тренда. Определенными чертами сходства с куранахскими рудами обладают руды Светлинского месторождения Урала и стратиформных проявлений Каратау (Култас и др.).

Не меньше дискуссий вызвало выявление в 80-е годы прошлого столетия промышленного медно-золото-порфирового оруденения в щелочных магматических комплексах [49—51]. Непромышленное оруденение этого типа указывалось ранее Ю.А. Билибиным [21]. Убедительным аргументом в пользу порфировой природы золото-сульфидного оруденения в щелочных породах послужило открытие автором в 1985 г. золоторудной минерализации в штоке эпилейцитовых сиенит-порфиров (месторождение Новое). В последние 10—15 лет золото-порфировые месторождения в щелочных породах установлены в Канаде (Британская Колумбия) [52, 53] и в Северном Китае [54]. В России и других странах СНГ полные аналоги Рябинового месторождения неизвестны (самый близкий аналог — золотосодержащее медно-порфировое месторождение Кирганик на Камчатке). Но предпосылки такого оруденения имеются в ряде областей тектономагматической активизации стабилизированных древних структур (Кольский п-ов, Алтае-Саянская область).

Аналоги золото-молибден-урановых и золото-серебро-урановых месторождений Эльконского горста в мире неизвестны. Некоторое сходство с ними имеют урановые месторождения Украинского щита, но они теснейшим образом связаны с натровыми метасоматитами, в то время как эльконские месторождения сложены калиевыми метасоматическими телами.

Результаты детального изучения минералогии и геохимии руд, в частности, изотопии рудной серы свидетельствуют о гетерогенности источников рудных растворов и формационной самостоятельности разных типов рудной минерализации Центрального Алдана (табл. 3, 4). В таблицы сведены имеющиеся минералого-геохимические и физико-химические характеристики основных типов мезозойского оруденения Центрального Алдана. При составлении использованы, кроме авторских, данные [41, 51, 55]. Ряд данных свидетельствует о полиформационном характере оруденения лебединского и, возможно, куранахского типов. Вместе с тем в строении и вещественном составе этих месторождений имеются черты сходства и различия, позволяющие относить их к разным рудным формациям единого парагенного формационного ряда, связанным с полиформационным мезозойским магматическим комплексом [13]. При общем мезозойском возрасте золоторудные и золотосодержащие месторождения Центрального Алдана различаются положением в разрезе земной коры района, а пострудные блоковые движения разных амплитуд обусловили закономерности их размещения на современной земной поверхности или вблизи нее. При разных формах связи с мезозойским магматизмом все эти месторождения тяготеют к полям

Таблица 3. Минералого-геохимические особенности разнотипных золоторудных месторождений Центрального Алдана

Тип месторождений	Минеральный состав продуктивных ассоциаций	Геохимический состав руд	Изотопия серы пиритов, $^{34}\text{S}$ , ‰
Эльконский	Ортоклаз, карбонаты, кварц, барит, пирит, флюорит, браннерит, уранинит, халькопирит, борнит, сфалерит, арсенопирит, акантит, молибденит, золото, серебро	Au, Ag, Mo, Ti, Mn, Ba, Sr, Cu, As, V, U, Y, Zr, Nb, Tl	-4,5...-12,6
Рябиновский	Микроклин, серицит, эгирин, кварц, пирит, халькопирит, борнит, сфалерит, галенит, молибденит, золото, серебро, мончеит, эрликманит	Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, Ba, Ti, Mn, V, Co, Nb, Pt, Pd	-5,7...-12,8, ср. -10,2
Лебединский	Карбонаты, кварц, пирит, гематит, пирротин, халькопирит, галенит, сильванит, калаверит, фрейбергит, висмутин	Au, Ag, Cu, Pb, Bi, W, Sn, Mo, Mn, Hg, Te, Co	-0,8...+3,4, ср. +1,1
Куранахский	Кварц, калишпат, кальцит, серицит, пирит, флюорит, золото, халькопирит, галенит, арсенопирит, теллуриды, селениды, теллулаты Pb и Zn	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cr, V, Sb, Se, Hg, Te	12,6—26,9, ср. 20,4

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены типоморфные элементы-примеси руд разных типов месторождений.

Таблица 4. Характеристика золота разнотипных золоторудных месторождений Центрального Алдана

Тип месторождений	Размеры золотин, мм	Проба и элементы-примеси	Основные золотоносные минералы (Au, г/т)
Эльконский	0,003—0,008 (60—90 ‰)	700 Ag, Cu, Fe	Пирит (60—90)
Рябиновский	0,01—1 (преобладает 0,25—0,5)	904—936 (922) 844—900 (833) 630—750 Cu, Pb, Te, Fe, Mn, Sn, Pd	Пирит (10—30) Борнит (80) Халькопирит (10)
Лебединский	0,01—0,4	800—850 Bi, Fe, Mn, Cu, Te, Hg, Sb	Пирит Гематит Кварц
Куранахский	От менее 0,05 до 0,1–1	800—900 725—850 873—973 (втор.) Cu, Pb, Cr, Sn, Fe, Mn, Te, Hg, Br, I, Cl	Пирит

распространения мезозойских интрузий и образуют единый рудный район (региональную рудно-магматическую систему). Определенные различия в минералогии и геохимии золотосодержащих рудных тел обусловлены разными глубинами их формирования.

Наиболее глубинные условия рудоотложения характерны для золото-молибден-урановых месторождений *эльконского типа* (золото-браннерит-сульфидная формация), размещенных в наиболее древних в районе раннеархейских породах одноименного горста — плагигнейсах федоровской свиты и гранито-гнейсах. Рудные тела этих месторождений представляют сульфидизированные калишпат-карбонатные метасоматиты, приуроченные к мощным и протяженным крутопадающим долгоживущим зонам дробления, катаклаза и милонитизации. Главные рудные минералы — пирит, магнетит, титанат урана, молибденит, халькопирит, а также борнит, сфалерит, арсенопирит, миллерит, сильванит, нерудные — карбонаты, ортоклаз, флюорит и реликтовые минералы гранитоидов. Золото тонкодисперсное, редко свободное, пробностью 700 и 980. Главные рудные компоненты — Au, Ag, U, Mo, типоморфные примеси — Cu, As, Sb, V, Te, Tl. Определены также повышенные содержания сидерофильных и редких элементов. Изотопный состав серы золотоносных пиритов характеризуется дефицитом изотопа  $^{34}\text{S}$  (от -11,1 до -12,6 ‰).

Видимо, близко по глубине рудоотложения эльконским залежам прожилково-вкрапленное медно-золото-порфиоровое оруденение *рябиновского типа* (Au, Ag, Cu, Mo). Щелочные комплексы, вмещающие мусковит-калишпатовые метасоматиты и рудные тела этого типа, не проникают выше подошвы рифей-нижнекембрийского чехла, а наиболее продуктивный из них Рябиновский массив отличается наибольшей глубиной эрозионного среза. Видовой состав минералов рудных тел здесь аналогичен таковому эльконских руд при более существенной роли халькопирита и борнита. Но типоморфными для рябиновских руд минералами являются минералы МППГ [55]. Соответственно, МППГ присутствуют наряду с W, Sn, Bi, Te, Tl, Ni, Co, Nb, V в виде примесей в руде и иногда в самородном золоте. Пробность золота 844—936. Изотопный состав сульфидной серы рябиновских руд аналогичен таковому в эльконских рудах.

Рябиновские порфиновые руды включены в калиевые метасоматиты в щелочно-сиенитовом массиве и в штоке эпилейцитовых сиенит-порфиров. Рудовмещающими здесь также являются разрывы ССЗ направления при пересечении их близширотными разломом и дайковым поясом. Существенную роль здесь играет „расслоенность“ щелочных сиенитов полого падающими телами ортоклазовых пегматитов.

В нижней части рифей-нижнекембрийского чехла, в карбонатных породах юдомской свиты, размещены сложные по составу золоторудные залежи и жилы *лебединского типа* (сульфидно-кварц-карбонатная, сульфидно-кварцевая и скарновая формации руд Au, Ag, Cu, Bi). При более 50 первичных минералах в этих рудах главными минералами продуктивных ассоциаций являются пирит, пирротин, халькопирит, галенит, гематит. Большим разнообразием отличаются элементы-примеси в рудах, пирите и золоте. В их числе W, Sn, Mo, Co, Cr, Te, As, Hg, Mn. Сульфидная сера по изотопному составу близка к метеоритному стандарту. Пробность золота 720—950.

Наиболее высокое стратиграфическое положение занимают золоторудные залежи *курахахского типа* (золото-теллуридная вулканогенная формация), приуроченные к пирит-кварц-калишпатовым метасоматитам на несогласной границе нижнекембрийских известняков чехла и юрских моласс. Руды этого типа (Au, Te, Ag) отличаются незначительным количеством сульфидов при полном преобладании среди них пирита, а также присутствием теллуридов, теллуридов и редко встречающихся селенидов и арсенидов. Соответственно, геохимический профиль этих руд характеризуется большим количеством элементов-примесей (Cu, Pb, As, V, Cr, Sn, W, Mo, Bi, Tl, Se, Sb), но в первую очередь определяется как ртутно-селенидно-теллуридный, что отразилось и в примесях золота, в котором масс-спектрометрическим методом обнаружены также Cl, Br и I. Пробность золота 725—980. Изотопия сульфидной серы отличается значительным преобладанием тяжелого ее изотопа ( $^{34}\text{S}$  12,6—29,9 ‰).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ. КРИТЕРИИ ТИПИЗАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

Сравнение минералого-геохимических особенностей оруденения рассмотренных типов свидетельствует об общности видового состава главных минералов золотоносных ассоциаций при отличиях в их соотношениях. Такими „сквозными“ минералами являются пирит и халькопирит, а в аксессуарных количествах — галенит, сфалерит, борнит. В то же время руда каждого типа месторождений содержит типоморфные компоненты или примеси: эльконский — U, Mo, Nb, рябиновский — Mo, Co, Pt, Pd, Nb, лебединский — Bi, W, Sn, As, курахский — Te, As, Sb, V, P, Se, Hg, Tl. С уменьшением глубины рудообразования ослабевают связи оруденения с магматизмом и меняется изотопный состав сульфидной серы от дефицита  $^{34}\text{S}$  до ее избытка.

С металлогенических позиций представляется важным анализ тектонической позиции района в целом и факторов, контролирующих размещение мезозойских интрузивов. Среди этих факторов выделяется сочетание мезозойских тектонических форм — глыбовых структур с домезозойскими структурами, в первую очередь, с меридиональным палеопрогибом и кольцевыми структурами I порядка докембрийского заложения. Важная роль в размещении рудно-магматических узлов принадлежит диагональным разломам, также в значительной части унаследовавшим древние дизъюнктивы. Предполагается, что блоковое строение района обусловлено возникновением в мезозое на границе земной коры и мантии очага (или очагов) разуплотнения, разогрева и магнеобразования, расширение и развитие которого определило общее поднятие территории и расчленение фундамента на блоки высокого порядка — горсты и впадины. Внедрение же магматических масс в верхние горизонты земной коры привело к образованию магматических очаговых морфоструктур, контролирующих и размещение эндогенного оруденения. Двойной контроль — кольцевыми структурами и диагональными разломами — характерен и для локализации рудных полей и месторождений золота и других металлов (рудно-россыпные узлы Джекондинский, Ыллымахский, Юхтинский, Нимгерканский, Рябиновский, Енье и др.) (рис. 3). Золоторудные проявления и золотосодержащие россыпи образуют некую кольцевую зону вокруг Верхнеякутской впадины, совпадающую с конформным этой зоне поясом мезозойских интрузивов. При этом имеет место зональное относительно центра массивов размещение оруденения разных генетических и минеральных типов. Конкретные рудные тела размещаются внутри изометричных и кольцевых магматических тел (штоков, лакколитов, некков, кольцевых массивов) или вокруг их (массивы Спирина, Зверева, Паленый, Аномальный, Мрачный, Заметный, Рябиновский, Ыллымахский, Джекондинский, Томмотский, Якутский, Юхтинский и др.). Рябиновские порфиновые руды включены в калиевые метасоматиты в щелочно-сиенитовом массиве и в штоке эпилейцитовых сиенит-порфиров. Рудовмещающими здесь также являются разрывы ССЗ направления при пересечении их близширотными разломом и дайковым поясом. Существенную роль здесь играет „расслоенность“ щелочных сиенитов полого падающими телами ортоклазовых пегматитов.

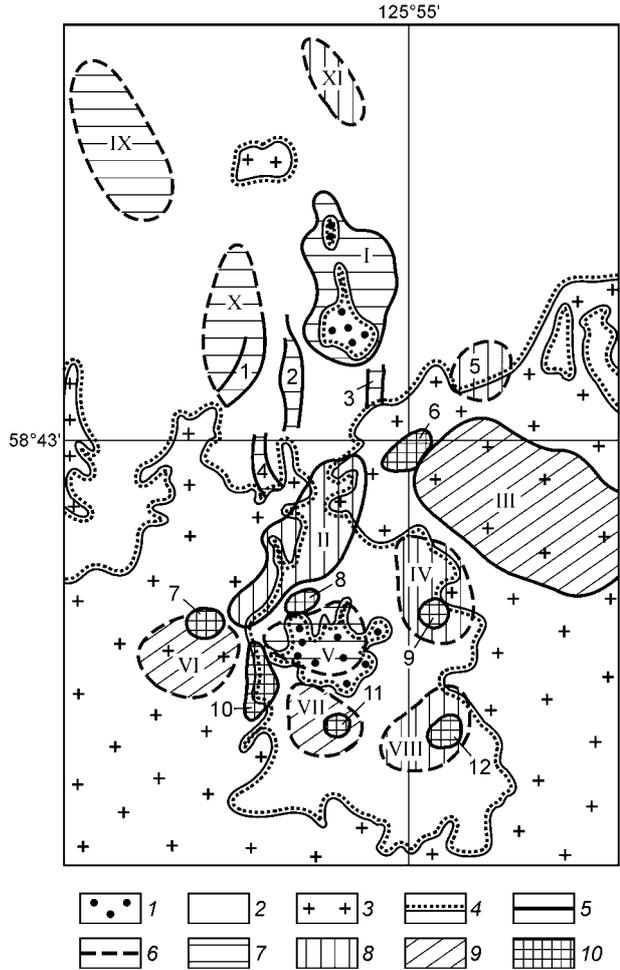
Золотоносные скарны установлены в эндо- и экзоконтактах отдельных массивов. Более крупные рудные тела золото-пирит-карбонатного и золото-сульфидно-кварцевого составов размещаются на зна-

**Рис. 3. Схема размещения мезозойской золото-рудной минерализации Центрального Алдана.**

1 — юрские песчаники и конгломераты мезозойских впадин; 2 — венд-раннекембрийские карбонатные породы платформенного чехла; 3 — раннеархейские породы кристаллического фундамента; 4 — стратиграфические несогласия; 5 — рудные узлы, зоны и рудно-магматические комплексы; 6 — площади с проявлениями рудной минерализации; 7–10 — типы оруденения (7 — куранахский, 8 — лебединский, 9 — эльконский, 10 — рябиновский).

Рудные узлы, включая прогнозируемые: I — Куранахский, II — Лебединский, III — Эльконский, IV — Джекондинский, V — Верхнеякутский, VI — Нимгерканский, VII — Юхтинский, VIII — Ыллымахский, IX — Далкитский, X — Селигдарский, XI — Излучинский.

Рудные зоны и рудно-магматические комплексы: 1 — Селигдарская, 2 — Нижнекуранахская, 3 — Якокутская, 4 — Незаметинская, 5 — Редергинский, 6 — Рябиновский, 7 — Томмотский, 8 — Якокутский, 9 — Джекондинский, 10 — Таежнинская, 11 — Верхнеюхтинский, 12 — Ыллымахский.



чительном (до первых километров) расстоянии от них. Если положение рудного района и рудных полей определяется геолого-тектоническими и структурными условиями, то локализация рудных залежей разных минеральных типов характеризуется своей спецификой. В размещении рудных тел лебединского и куранахского типов существенную роль играют литологические факторы: смена по разрезу силикатных толщ карбонатными, изменчивость карбонатных пород по составу и структуре, их физическая и химическая неоднородность, включения кремнистого вещества и обогащение органическим веществом и др. Этим условиям в наибольшей степени отвечают нижняя и верхняя пачки венд-нижекембрийской карбонатной толщи, сложенные доломитовой и известняковой субформациями соответственно. Для размещения эльконских золотоносных зон литологические свойства вмещающих пород не имеют существенного значения, но могут влиять на минеральный состав руд. Золото-ураноносные тела и вмещающие их карбонат-калишпатовые метасоматиты размещаются в протяженных зонах разрывов ССЗ направления.

В 90-е годы прошлого столетия в южной части Центрально-Алданского района, в бассейне р. Большая Юхта выявлено и оценено *Самолазовское золоторудное месторождение* [56]. Оно размещено в зоне гидротермальной проработки скарнов на пологом контакте Юхтинского массива сиенитов с мраморизованными доломитами.

По положению в контактовой зоне мезозойского интрузива и размещению золотосодержащей сульфидной минерализации, а также вещественному составу скарнового субстрата Самолазовское месторождение близко соответствует участку Лагерный Рябиновского рудного поля. Однако на Лагерном очень слабо проявлены процессы гипергенного преобразования первичных сульфидно-скарновых руд или зона гипергенеза была эродирована, чем объясняется слабая золотоносность участка. В связи с этим можно предполагать, что ниже гипергенных руд Самолазовского месторождения возможно выявление вкрапленного (порфирового) оруденения рябиновского типа с невысокими содержаниями, но значительными запасами золота, что можно проверить только с выходом разведочных скважин из зоны гипергенеза.

Автор глубоко признателен коллегам по работе в лаборатории минералогии и геохимии золота Института геологии ЯФ СО АН СССР (ныне Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН) и геологам ТУГРЭ ЯПГО МГ СССР (ныне ГПП „Алдангеология“) за многолетнее плодотворное сотрудничество в исследовании месторождений золота Центрального Алдана.

Статья подготовлена при частичной поддержке РФФИ (проект 01-05-64295).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Кочетков А.Я.** Мезозойские рудно-магматические системы Алданского щита // Тезисы докладов симпозиума „Глубинное строение Тихого океана и его континентального обрамления“, Ч. III. Благовещенск, 1988, с. 38—40.

2. **Коваленкер В.А., Кочетков А.Я., Краснов А.Н., Разин М.В.** Централь-но-Алданский рудный район — внутриплитная рудно-магматическая система // *Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика: Материалы II всероссийского металлогенического совещания*. Иркутск, 1998, с. 143—144.
3. **Кочетков А.Я.** Платиноидная геохимическая специализация рудоносных щелочных комплексов Центрального Алдана // *Бюл. НТИ. Геология и полезные ископаемые Якутии*. Якутск, ЯФ СО АН СССР, 1984, с. 25—27.
4. **Ким А.А., Панков В.Ю., Уютов В.И., Лескова Н.В.** Минералогия и генезис минералов платиновых металлов из аллювиальных объектов Центрального Алдана // *Самородное металлообразование в магматическом процессе*. Якутск, ЯНЦ СО АН СССР, 1991, с. 111—135.
5. **Зверев В.Н.** Материалы для характеристики Томмотского золотоносного района // *Тр. Главного геолого-разведочного управления*, 1931, вып. 26, 80 с.
6. **Билибин Ю.А.** Петрография Алдана. Послеюрские интрузии Алданского района // *Избр. труды*, Т. I, М.; Л., Изд-во АН СССР, 1958, с. 264—432.
7. **Фасталович А.И., Петровская Н.В.** Характер оруденения Лебединского золоторудного месторождения (Алдан) // *Советская геология*, 1940, № 2—3, с. 54—65.
8. **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, с. 5—30 (Тр. ЦНИГРИ, вып. 68).
9. **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.
10. **Абрамов В.А., Кочетков А.Я., Ним Ю.А.** Геофизические и геологические критерии прогнозирования оруденения куранахского типа // *Геофизические исследования в Якутии*. Якутск, ЯФ СО АН СССР, 1978, с. 66—92.
11. **Кочетков А.Я., Лазебник К.А.** Щелочные ультрабазиты и базиты Якокутского массива // *Геохимия и минералогия базитов и ультрабазитов Сибирской платформы*. Якутск, ЯФ СО АН СССР, 1984, с. 62—80.
12. **Кочетков А.Я.** Молибден-медно-золотопорфировое месторождение Рябиновое // *Отечественная геология*, 1993, № 7, с. 50—58.
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, ЯФ СО АН СССР, 1986, с. 20—31.
14. **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.
15. **Казанский В.И.** Уникальный Централь-но-Алданский золото-урановый рудный район // *Геология рудных месторождений*, 2004, т. 46, № 3, с. 195—211.
16. **Мигута А.К.** Урановые месторождения Эльконского рудного района на Алданском щите // *Геология рудных месторождений*, 2001, т. 43, № 2, с. 129—151.
17. **Максимов Е.П., Угрюмов А.Н.** Геологическое строение центральной части Алданского щита // *Геология и петрология докембрия Алданского щита*. М., Наука, 1966, с. 51—58.
18. **Угрюмов А.Н.** Опыт формационного анализа золоторудных джаспероидных месторождений при крупномасштабном прогнозе и поисках // *Формационный анализ и крупномасштабный прогноз рудных месторождений*. М., 1987, с. 70—77.
19. **Максимов Е.П.** Опыт формационного анализа мезозойских магматических образований Алданского щита // *Изв. АН СССР, Сер. геол.*, 1975 (4), с. 16—32.
20. **Абрамов В.А., Кичигин Л.Н., Кочетков А.Я. и др.** Геолого-тектонические предпосылки золотого оруденения Центрального Алдана // *Тектоника восточной части Сибирской платформы*. Якутск, ЯФ СО АН СССР, 1979, с. 31—52.
21. **Билибин Ю.А.** Петрология Ыллымахского интрузива. М.; Л., Госгеолиздат, 1947, 236 с.
22. **Кравченко С.М., Власова Е.В.** Щелочные породы Центрального Алдана. М., Изд-во АН СССР, 1962, 190 с.
23. **Билибина Т.В., Дашкова А.Д., Донаков В.И. и др.** Геологические формации и металлогения Алданского щита. Л., Недра, 1976, 340 с.
24. **Mues U.** Geochemische und radiometrische Untersuchungen an Lamproiten und anderen Alkaligesteinen von Yakokut und Inagli, Aldan-Schild, Ostsibirien. Dissertation, 1993, Freiburg Universitat, 158 p.
25. **Богатиков О.А., Рябчиков И.Д., Кононова В.А., Махоткин И.Л.** Лампроиты. М., Наука, 1991, 301 с.
26. **Свешникова Е.В., Еремеев Н.В.** Рудоносные полиформационные магматические комплексы центральной части Алданского щита // *Рудоносные структуры докембрия*. М., Наука, 1982, с. 105—116.

27. **Парфенов Л.М., Кузьмин М.И.** Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М., МАИК, „Наука“ / Интерпериодика, 2001, 570 с.
28. **Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралев В.М.** Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М., Недра, 1976, 231 с.
29. **Бородин Л.С.** Закономерности концентрации редких элементов в главных магматических сериях // Геохимия магматизма. М., Наука, 1982, с. 190—207.
30. **Ковалев А.А.** Тектоника плит и некоторые аспекты металлогенического анализа // Геология рудных месторождений, 1972, № 5, с. 90—95.
31. **Абрамов В.А.** Глубинное строение Центрально-Алданского района. Владивосток, Дальнаука, 1995, 180 с.
32. **Казанский В.И.** Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. М., Недра, 1972, 240 с.
33. **Юшманов В.В.** Тектономагматические концентрические комплексы: теоретические, методические и практические вопросы изучения. М., Наука, 1985, 232 с.
34. **Глуховский М.З.** Кольцевые структуры юго-востока Сибири и их возможная природа // Геотектоника, 1978, № 4, с. 50—63.
35. **Кравченко С.М., Диденко М.И., Кочетков А.Я., Угрюмов А.Н.** Соотношение морфоструктур Центрального Алдана с магматизмом и оруденением // Докл. АН СССР, 1995, т. 283, № 1, с. 187—193.
36. **Максимов Е.П., Середин В.В., Томсон И.Н., Прозоров Ю.И.** Орогенная структура Центрального Алдана и связь с ней магматизма и оруденения // Разломы и эндогенное оруденение древних платформ. М., Наука, 1982, с. 121—138.
37. **Балакшин Г.Д., Шаров Г.Н.** Выбор площадей для поисков золоторудных месторождений на основе данных гравиметрической и космической съемок // Геофизические методы поисков золоторудных месторождений. М., ЦНИГРИ, 1981, с. 68—74. (Тр. ЦНИГРИ, вып. 155).
38. **Булин И.К., Ицксон М.И.** Некоторые особенности металлогении областей активизации Алданского щита и Монголо-Охотской складчатой системы и их отражение в глубинном геологическом строении // Проблемы металлогении областей тектономагматической активизации. М., Наука, 1975, с. 276—286.
39. **Силин И.И., Угрюмов А.Н.** Закономерности размещения мезозойских магматических пород и золоторудных месторождений в Центрально-Алданском рудном районе Южной Якутии // Рудообразование и его связь с магматизмом. М., Наука, 1972, с. 275—282.
40. **Ивенсен Ю.П., Левин В.И.** Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. М., Наука, 1975, с. 5—120.
41. **Угрюмов А.Н.** Геолого-генетическая модель золоторудной джаспероидной формации и металлогенический прогноз (на примере месторождений Алданского щита) // Генетические модели эндогенных рудных формаций, Т. II. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1985, с. 185—187.
42. **Тимофеевский Д.А.** О формационной классификации, минеральных типах и золотоносных минеральных ассоциациях золоторудных месторождений СССР // Тр. ЦНИГРИ, 1971, вып. 96, с. 5—32.
43. **Бахвалов А.П.** Геологический очерк юго-западной части Алданского золотоносного района. Л., НКТП. Цветметиздат, 1932, 64 с.
44. **Хатылаев М.М.** Золотопромышленность Якутии (1923—1937 гг.). Якутск, Якут. кн. изд-во, 1972, 212 с.
45. **Войтович В.С.** Конседиментационные разломы на Куранахском месторождении золота и вопросы его генезиса (Якутия) // Геология и геофизика, 1992 (9), с. 91—97.
46. **Казаринов А.И.** К вопросу о генезисе золоторудных месторождений куранахского типа // Золоторудные формации Дальнего Востока. М., Наука, 1969, с. 125—135.
47. **Ким А.А.** Золото-теллуридно-селенидная минерализация в Куранахском месторождении // Зап. ВМО, 2000, № 5, с. 51—57.
48. **Кочетков А.Я., Яблокова С.В.** Эпитермально-гипергенное оруденение Куранахского рудного поля (Центральный Алдан) // Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания: Тезисы докладов XI международного совещания по геологии россыпей и кор выветривания. М., 1997, с. 126.
49. **Кочетков А.Я., Ким А.А., Пахомов В.Н.** Строение, состав и золотоносность Рябиновского массива (Центральный Алдан) // Геология месторождений золота Якутии. Критерии и методы их поисков и оценки. Якутск, ЯТГУ МГ СССР, 1979, с. 94—96.
50. **Кочетков А.Я.** О новом типе медно-порфирирового оруденения // Докл. АН СССР, 1982, т. 267, № 2, с. 430—432.
51. **Угрюмов А.Н., Дворник Г.П.** Щелочные рудоносные метасоматиты Рябинового массива (Центральный Алдан) // Советская геология, 1984, № 9, с. 84—94.

52. **Mutschler F.E., Griffin M.E., Stevens D.S., Shannon S.S.** Precious metal deposits related to alkaline rocks in the North American Cordillera — an interpretive review // *Trans. Geol. Soc. South. Africa*, 1985, v. 88, p. 355—377.
53. **Panteleyev A.** Porphyry Cu-Au: alkalic // *Selected British Columbia mineral deposit profiles. V. 1 // Metallica and coal. Open File 1995*, p. 83—86.
54. **Nie Feng-Jun, Wu Cheng-Yu.** Gold deposits related to alkaline igneous rocks in North China craton, People's Republic of China // *Global Tectonics and Metallogeny*, 1998, v. 6, № 3—4, p. 159—171.
55. **Коваленкер В.А., Мызников И.К., Кочетков А.Я., Наумов В.Б.** Платиноносное золото-сульфидное оруденение Рябинового щелочного массива (Центральный Алдан, Россия) // *Геология рудных месторождений*, 1996, т. 38, № 4, с. 345—356.
56. **Гусев В.Н., Элюев В.К., Боярко Г.Ю.** Самолазовское золото-скарновое месторождение // *Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири. Томск, ТПУ, 2000*, с. 108—117.

*Рекомендована к печати 20 июля 2005 г.  
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию  
5 апреля 2005 г.*