

## Калиевые метасоматиты регионального типа, их роль и место в происхождении мезозойских рудоносных систем Алдано-Станового щита

**Аннотация.** С процессами мезозойской тектоно-магматической активизации Алдано-Станового щита (АСЩ) связано формирование регионально проявленной щелочной флюидной системы интрателлурического типа, вещественным выражением которой служат существенно калишпатовые низкотемпературные метасоматиты (гумбеиты). Рассматриваются геологические особенности локализации метасоматитов, их вещественные свойства и геохимическая специализация. Высказано мнение о генетической самостоятельности щелочной флюидной системы интрателлурического типа и её причастности к формированию всего формационного разнообразия мезозойских магматических и связанных с ними гидротермально-метасоматических (в том числе рудных) образований. Приведены свидетельства самореализации интрателлурической флюидной системы в форме наиболее крупных рудных (золото, уран) месторождений АСЩ и её дочерних производных – локальных рудных систем магматогенного типа.

**Ключевые слова:** Алдано-Становой щит, гумбеиты, вещественный состав, интрателлурические флюиды, золото, рудно-магматогенные системы.

УЮТОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, заместитель генерального директора по геологии и недропользованию, [vyuyutov@preramet.com](mailto:vyuyutov@preramet.com)

АО «Инвестцветмет», г. Москва

## Regional-type potassium metasomatites: their role and place in origination of the Mesozoic ore-bearing systems of the Aldan-Stanovoy shield

V. I. UYUTOV

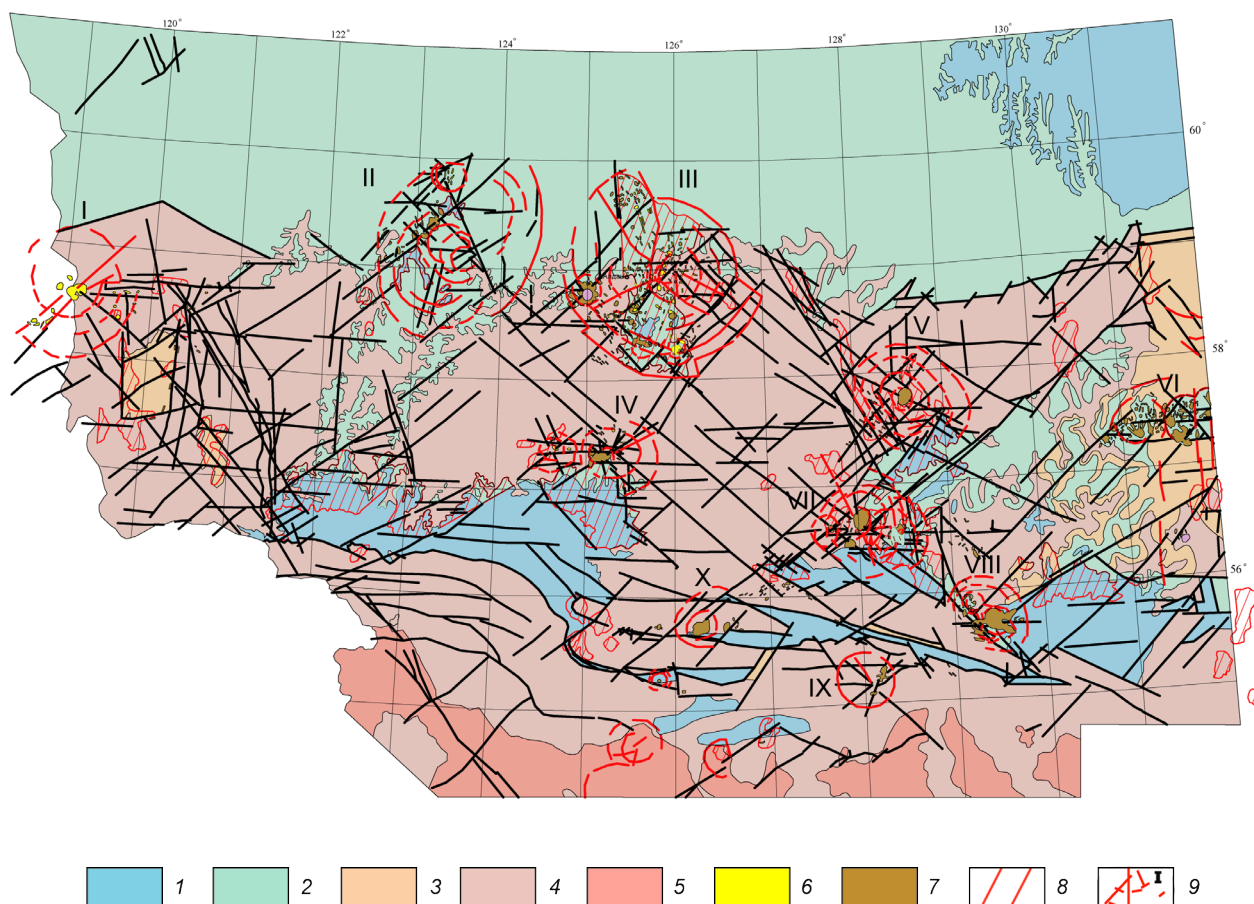
JSC Investsvetmet, Moscow

**Annotation.** The Mesozoic tectonomagmatic reactivation of the Aldan-Stanovoy Shield (ASS) is associated with formation of a regional-scale intratelluric-type alkaline fluid system, a material expression of which is low-temperature substantially potassium-feldspar metasomatites (gumbeites). The paper considers geological features of localization of the metasomatites, their compositional characteristics, and geochemical specialization. It is suggested that the intratelluric-type alkaline fluid system is genetically independent, and that it was involved in origination of the entire diversity of the Mesozoic igneous formations and their associated hydrothermal-metasomatic (including ore-bearing) ones. Evidence is presented for a self-realization of the intratelluric fluid system in form of the largest ore (gold, uranium) deposits in the ASS and of its daughter derivatives, the local-scale magmatic-type ore systems.

**Key words:** Aldan-Stanovoy Shield, gumbeites, mineral composition, intratelluric fluids, gold, ore-magmatic systems.

Проявления специфических существенно калишпатовых криптозернистых пород, в разной мере обогащённых ксеногенными (реликтовыми) примесями преимущественно кварца, а также новообразованиями карбоната, пирита, флюорита, известны в различных районах мезозойской активизации

Алдано-Станового щита уже на протяжении нескольких десятков лет. Однако многообразие геолого-структурных форм их проявления, конвергентные особенности состава и облика, обуславливающие их сходство с вулканогенными, осадочными и другими породами, длительное время не



**Рис. 1. Характер размещения калиевых метасоматитов регионального типа в пределах Алдано-Станового геоблока (Якутский регион):**

1 – мезозойские молассоидные и молассовые образования Южно-Якутской системы впадин; 2 – платформенные карбонатные отложения венда–нижнего кембрия; 3 – терригенные и карбонатно-терригенные отложения нижнего протерозоя; 4 – породы докембрийского кристаллического основания; 5 – мезозойские гранитоиды Становой области; 6–7 – мезозойские изверженные породы: 6 – лейцитит-щёлочносиенитовой формации, 7 – монзонит-сиенитовой и диорит-гранодиоритовой формаций; 8 – калиевые метасоматиты регионального типа (гумбеиты); 9 – локальные РМС первого порядка: I – Мурунская, II – Верхне-Амгинская, III – Центрально-Алданская, IV – Эвотинская, V – Тыркандинская, VI – Учурская, VII – Ломамская, VIII – Нингамская, IX – Талангинская, X – Мелемкенская

способствовали их надёжной идентификации. Обобщённое описание этих образований с доказательством их метасоматического происхождения и широкого распространения в пределах АСЦ было ранее выполнено автором [42], рассматривавшим их, по аналогии с известными золото-молибден-урановородными калиевыми метасоматитами Центрально-Алданского рудного района (ЦАРР), в составе гумбеитовой формации.

Размещение проявлений региональных калиевых метасоматитов в главных чертах подчинено мезозойскому структурному плану (рис. 1)<sup>1</sup>. Основной объём метасоматитов сосредоточен в пределах

<sup>1</sup> По убеждению автора, приведённая схема в силу отсутствия специальных исследований не вполне отражает истинные (более значительные) масштабы распространения гумбеитов.

Чаро-Алданского глыбового поднятия (ЧАГП) и Южно-Алданской системы впадин (ЮАСВ).

В пределах ЧАГП метасоматиты приурочены в основном к локальным центрам проявления мезозойского магматизма, различающимся по своему внутреннему устройству и формационному сочетанию сосредоточенных в их пределах мезозойских изверженных пород. Так, значительные масштабы гумбеитов установлены в Центрально-Алданском, Верхне-Амгинском, Эвотинском, Мурунском, Верхне-Токкинском, Тыркандинском районах мезозойской тектоно-магматической активизации (ТМА), характеризующихся широким развитием пород лейцитит-щёлочносиенитовой и монзонит-сиенитовой формаций. Имеются свидетельства широкого проявления калиевых метасоматитов в Ломамском, Нингамском и Учурском районах ТМА, где преимущественным распространением пользуются породы монзонит-сиенитовой и монцодиорит-гранодиоритовой формаций, при подчинённой роли щелочных ассоциаций.

Широкое развитие получили гумбеиты в нижней части юрских терригенных отложений Южно-Алданской системы угленосных впадин и, прежде всего, в границах Усмунской, Чульманской, Ытымджинской, Токинской впадин, как правило, вне видимой пространственной связи с мезозойскими магматическими породами. Проявления калиевого метасоматоза рассматриваемого типа имеют место также в рифейских и раннепротерозойских терригенных отложениях Угуйской, Олдонгсинской впадин на западе и Учуро-Майского прогиба в восточной части АСЦ.

Заметная роль в контроле проявления калиевых метасоматитов принадлежит зонам региональных структурно-стратиграфических несогласий (ССН), определяющих латеральную (ареальную) форму развития метасоматических процессов. Гумбеизации, по существу, подвергнуты все типы ССН, выявленных в пределах АСЦ.

Наибольшим разнообразием вещественно-структурных форм и интенсивностью проявления калиевых метасоматитов отличается Центрально-Алданский рудный район (ЦАРР). Здесь выделяются две взаимосвязанные структурные формы проявления гумбеитов – площадная (ареальная) и линейная (приразломная). Метасоматиты первой морфологической разновидности развиты преимущественно в породах осадочного чехла. Так, в пределах Куранахской впадины (и одноимённого рудного поля) калишпативый метасоматоз прояв-

лен как в зоне контакта кембрийских карбонатных пород с юрскими терригенными отложениями, так и во всём 600-метровом разрезе венд-нижнекембрийских карбонатных пород, занимая до 20–25 % общей мощности разреза. Только в верхнем 450-метровом интервале карбонатной толщи сосредоточено до 26 гумбеитовых слоёв мощностью от первых метров до 15 м [42]. В частности, вблизи юго-западной границы Куранахской впадины в правом борту руч. Латышского траншеей обнажён ступенчатый уступ общей высотой около 60 м, сложенный горизонтально залегающими светло-серыми и желтовато-серыми грубослоистыми строматолитовыми доломитами тумулдурской свиты нижнего кембрия, включающими 10 сближенных слоёв гумбеитов, выделяющихся своей яркой окраской в жёлто-коричневых, шоколадных тонах (рис. 2). Мощность слоёв составляет от 0,4 до 2 м. Вблизи контактов калишпативированных прослоев и на удалении до 3–5 м от них в доломитах постоянно проявлены гнёзда, линзы, секущие и послойные жилы и прожилки белого кальцита, нередко несущие флюоритовую минерализацию.

Проводниками метасоматизирующих флюидов послужили протяжённые (до 25 км) и до последнего времени слабо изученные на глубину крутопадающие зоны разломов субмеридионального направления, контролирующие золоторудную минерализацию Куранахского (КРП) и Нижнеякокитского (НЯРП) рудных полей.

В южной части ЦАРР в пределах Верхне-Якутской впадины под толщей юрских песчаников повсеместно развит горизонт в различной степени калишпативированных карбонатных пород нижнего кембрия переменной (от первых метров до 30 м) мощности. Калишпативация, без помех преодолевая стратиграфический барьер, интенсивно развивается по базальным конгломератам нижней юры и распространяется, с постепенным затуханием, выше на 100–140 м в толщу нижнеюрских аркозовых песчаников (рис. 3). Ещё выше по разрезу в песчаниках и алевролитах верхнеюхтинской подсвиты калишпативация уступает место существенно слюдястым преобразованиям, в ассоциации с небольшим количеством новообразованного альбита, карбоната и убогой вкрапленности пирита.

Гумбеиты второй морфологической разновидности развиты преимущественно в породах кристаллического фундамента, в основном в пределах Эльконского горста, локализуясь в границах кру-



Рис. 2. Тело пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов (гумбеитов) в доломитах тумулдурской свиты нижнего кембрия (Центральный Алдан, устье руч. Латышского). Красным контуром выделены кальцитовые оторочки в кровле и подошве слоя гумбеитов

топадающих (60–70°) тектонических зон докембрийского заложения, подновлённых в мезозое. Протяжённость этих зон составляет до 30–40 км. Мощность интенсивно гумбеизированных пород измеряется десятками метров. Слабые изменения фиксируются на расстоянии в сотни метров. Зоны прослежены на глубину более 2000 м без признаков выклинивания. Насыщенность Эльконского горста разномасштабными зонами рудоносных гумбеитов столь велика, что создаётся впечатление гигантского мегаштокверка<sup>2</sup>. К зонам гумбеитов здесь приурочены уникальные по масштабам месторождения урана с попутным золотом, серебром, молибденом, достаточно широко освещённые в отечественной литературе [7, 16, 33, 41].

В Чульманской, Ытымджинской, Токинской и других угленосных впадинах Южно-Алданской рифтогенной системы гумбеизацией охвачены площади в сотни квадратных километров. Ореолы интенсивных метасоматических преобразований имеют пластообразную и линзовидную форму и распространяются на десятки метров выше поверхности предъюрского ССН. На нижнем уров-

не, включающем приграничную часть фундамента, базальные горизонты юрских конгломератов, песчаников, алевролитов юхтинской свиты, локализуется пластово-секущие тела пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, сопровождающихся ореолами в разной мере калишпатизированных пород, мощностью до 100 м и более. В западной части Чульманской впадины (участок Перевальный), как и в ЦАРР, в строении метасоматических ореолов устанавливается зональность [33], в соответствии с которой выделяются 4 зоны, различающиеся по степени метасоматических изменений (от центра к периферии): зона калиевых (ортоклазовых) гумбеитов (до 140 м), зона калинатовых гумбеитов (30–35 м), зона натровых (альбитовых) гумбеитов (70–75 м), зона гидрослюдисто-карбонатных метасоматитов. Общая мощность метасоматизированных пород составляет 200–300 м.

В пределах Ытымджинской впадины и Ломамского (Билибинского) магматического центра, в частности, пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты проявлены в зоне предъюрского ССН и распространяются выше во всём разрезе нижнеюрских малассоидов. Ниже ССН гумбеизация интенсивно развита в карбонатных породах нижнего кембрия, где метасоматиты слагают протяжённые пластовые залежи, мощностью от 2–5 до 20–25 м и многочисленные жильные тела. Протяжённость жильных тел от первых десятков

<sup>2</sup> Геологоразведочными работами выявлены и в разной степени изучены 78 рудоносных зон общей протяжённостью 180 км. Ещё 300 км потенциально рудоносных зон выявлены поисковыми маршрутами и не изучены. Практически все зоны недоизучены в отношении золоторудной минерализации.



Рис. 3. Проявление гумбеизации по базальному горизонту песчаников нижней юры на границе с гумбеизированными карбонатными породами (ЦАРР, Верхне-Якокитская впадина, руч. Иосиф)

метров до 500–650 м. Наиболее крупные из них имеют мощность от первых метров до первых десятков метров при крутом (75–80°) падении и северо-восточном простирании. В зонах развития метасоматитов жильной формы наблюдается перекристаллизация горизонтов осадочных кремней в доломитах, сопровождающаяся кальцитизацией и присутствием тонкозернистого флюорита тёмно-фиолетовой окраски. Калишпатовые метасоматиты в основании юрских отложений принципиально золотоносны. Содержания золота обычно составляют от десятых долей до 1 г/т.

**В Верхне-Амгинском районе** пирит-калишпатовые метасоматиты обнаружены повсеместно в основании разреза юрских терригенных пород и также характеризуются устойчиво повышенными (до 1 г/т) содержаниями золота.

Широкое проявление гумбеизации, как отмечалось, фиксируется в районе Угуйской и Олдонгсинской впадин.

**Гумбеиты Угуйской впадины** прослеживаются в области контакта архейских метаморфитов и рифейских осадочных пород олонноконской свиты вблизи южной окраины впадины в полосе протяженностью около 20 км и шириной 3–4 км, которая рассматривается как Южно-Угуйская рудная зона (рис. 4), вмещающая все известные в настоящее время золоторудные месторождения так называемого «угуйского типа» [14].

Главными флюидопроводниками послужили крутопадающие (60–70°) разломы субширотной – северо-восточной Кондинской взбросо-надвиговой системы. Прослеженный вертикальный размах в разной мере гумбеизированных пород составляет не менее 900 м. Нижняя граница метасоматитов не установлена. В гамма-полях гумбеиты выделяются отчётливо повышенными (до 180–200 мкр/ч при средней величине 41–49 мкр/ч) значениями радиоактивности уран-ториевой природы.

Вдоль западной границы Угуйской впадины гумбеиты развиты в пределах Токкинской меридиональной зоны разломов докембрийского заложения, подновлённой в мезозое. В составе новообразований преобладают золотосодержащие гидротит-калишпатовые и пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты, нередко с флюоритом.

**В границах Олдонгсинской впадины** гумбеизации подвержены протерозойские углеродсодержащие метатерригенные породы ханинской свиты вблизи зоны ССН. Локальный контроль метасоматитов осуществляют зоны дробления, брекчирования, расланцевания, будинажа, межпластовые срывы и трещины кливажа осевых поверхностей складок. С гумбеитами связаны проявления урана, установлено повышенное содержание золота и изредка элементов платиновой группы [35].

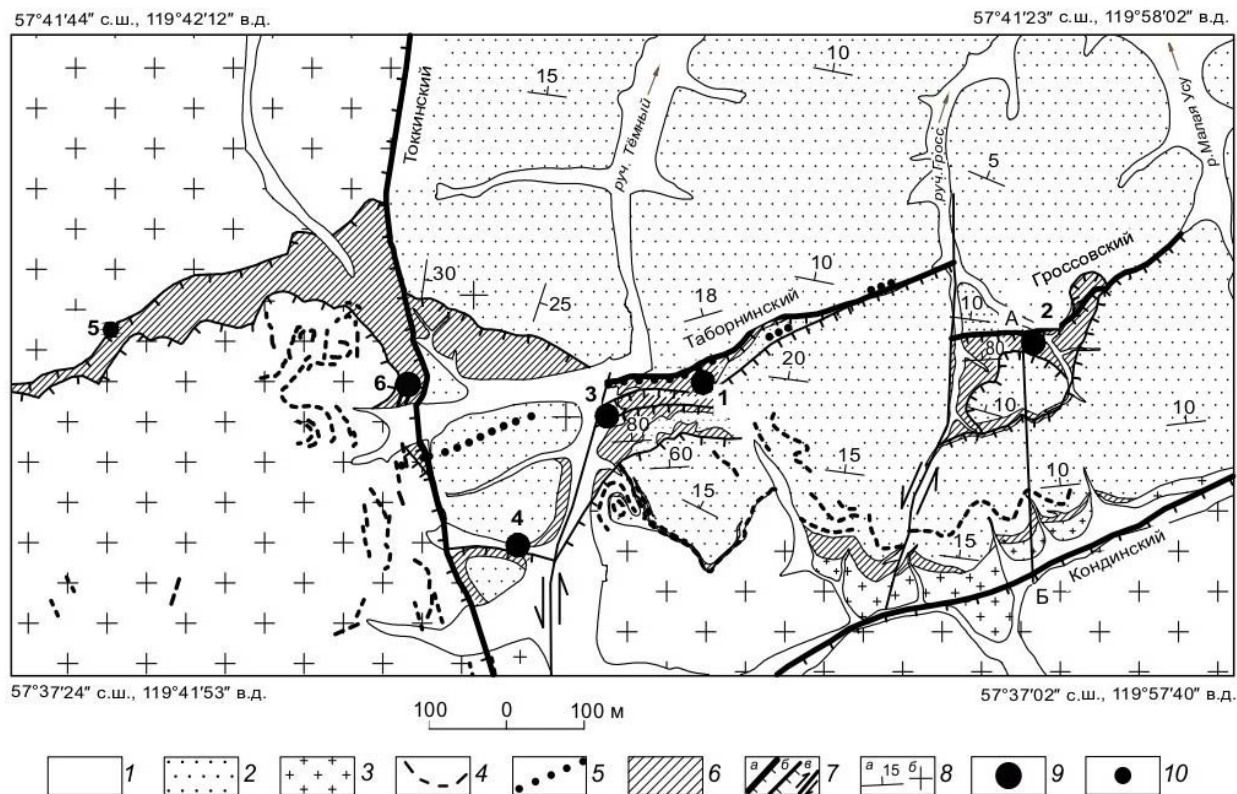


Рис. 4. Характер проявления гумбеизации вдоль юго-западной окраины Угуйской впадины (Южно-Угуйская золотоносная зона):

1 – голоценовые и плейстоценовые аллювиальные, пролювиальные, флювиогляциальные отложения; 2 – рифей, олонноконская свита: красноцветные кварц-полевошпатовые песчаники; 3 – архейский кристаллический фундамент: граниты, гранито-гнейсы; 4 – мезозойские силлы, дайки сиенитов-порфиоров и бостонитов; 5 – позднерифейские дайки долеритов; 6 – рудоносные гумбеиты по песчаникам и породам фундамента и продукты их гипергенных изменений; 7 – разрывные нарушения: а – надвиги, взбросы главные, б – надвиги, взбросы второстепенные, в – сдвиги; 8 – элементы залегания слоистости: а – наклонные, б – горизонтальные; 9 – месторождения золота: 1 – Таборное, 2 – Гросс, 3 – Тёмное, 4 – Высокое, 6 – Токкинское; 10 – проявления золота: 5 – Аномалия-13

В западной части АСЦ в Каларском районе Забайкалья выявлены золотоносные гумбеиты в районе Апасатского грабена [24], располагающегося на западном продолжении Южно-Алданской системы угленосных впадин. Грабен выполнен верхнеюрскими и раннемеловыми отложениями угленосной молассы, вмещающей Апасатское месторождение угля<sup>3</sup>. В северном близширотном тектоническом контакте грабена, вдоль надвига докембрийских образований на юрско-меловые угленосные отложения, установлено проявление гумбеизации в полосе протяжённостью не менее

15 км при ширине до 250 м и мощности отдельных тел гумбеитов 5–20 м, участками до 55 м. Метасоматическому воздействию подвержены все прилегающие к грабену докембрийские и отчасти мезозойские осадочные породы, но в основном архейские плагиомигматиты, испытавшие объёмный катаклаз и брекчирование. В вертикальной колонке наблюдается смена калишпатовых изменений гидрослюдизацией, затрагивающей, в том числе, мезозойские осадочные породы. Содержания золота в метасоматитах составляют первые граммы на тонну, изредка достигая двузначных величин на участках проявления позднего жильного сульфидно-кварцевого парагенезиса. Мезозойские магмопроявления в районе впадины полностью отсутствуют.

<sup>3</sup> Подчеркнём полное отсутствие в изученном районе проявлений мезозойского магматизма.

Проявление процессов мезозойской гумбеизации не является исключительной особенностью АСЦ. Примечателен в этом отношении пример полностью идентичных образований, обнаруженных в пределах Юдомо-Майского складчато-глыбового поднятия Южного Верхоянья, в частности, в районе свинцово-цинкового месторождения Сардана [11]. Метасоматиты формируют два субсогласных пластовых тела в доломитизированных известняках сардининской свиты венда вблизи стратиграфического контакта с песчанистыми доломитами и глауконитовыми известняками пестроцветной свиты нижнего кембрия, также частично затронутых метасоматозом. Мощность метасоматических тел составляет 9–22 м. В контактах метасоматических тел часто формируется зона битумсодержащих кальцитовых гнёзд и прожилков.

**Возраст гумбеитов.** Возраст пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов определяется на основании их взаимоотношений с замещаемыми субстратами и имеющихся радиогенных датировок. В Центрально-Алданском и Ломамо-Ытымджинском районах имеют место многочисленные свидетельства наложения гумбеизации на пластовые интрузии и дайки кварцевых порфиров позднеэристового–раннеюрского возраста; лампроитоидов с радиогенным возрастом 155–170 млн лет; даек и пластовых тел минетт, вогезитов, субщелочных и щёлочноземельных сиенит-порфиров, то есть практически на всю группу щелочных, субщелочных и щёлочноземельных пород первого (позднеэристового–раннеюрского) и второго (средне-верхнеюрского) этапов магматической активности. В пределах Угуйского района, по наблюдениям [39], гумбеиты развиваются по пластовым телам и дайкам эгириновым кварцсодержащим сиенит-порфиров, бостонитов и субщелочных сиенит-порфиров. Для последних установлен радиологический возраст 162 млн лет. В то же время не выявлено ни единого случая наложения процессов гумбеизации рассматриваемого типа на интрузивные породы (штоки, лакколиты) третьего (позднеюрского–раннемелового) этапа. Надёжные факты пересечения гумбеитов дайками четвёртого (мелового) этапа (сельвсбергитами, тингуаитами, грорудитами, эгириновыми сиенит-порфирами) установлены в пределах Эльконского рудного узла (ЦАР). Таким образом, на основании взаимоотношений гумбеитов с мезозойскими изверженными породами можно заключить, что основной объём метасоматитов в наблюдаемом срезе был, вероятно, сфор-

мирован на завершающих стадиях второго (средне-верхнеюрского) этапа магматической активности, до внедрения главных объёмов изверженных пород третьего (позднеюрского–раннемелового) этапа.

Большая часть калий-аргоновых датировок гумбеитов из различных районов АСЦ укладывается в диапазон 137–152 млн лет [41], что в целом согласуется с геологическими данными. Следует, однако, указать на локальное проявление интенсивных процессов гумбеизации, со всеми присущими этим метасоматитам вещественными признаками, в небольших диатремах щелочных лампроитоидов и сиенитоидов ЦАР (диатремы Кайла, Опытная, Хапчаан, АН-10, АН-4а, Скальная, Мало-Юхтинская), относимых к четвёртому (меловому) этапу. Напомним также о молодом (вероятно, позднемеловом) возрасте гумбеитов Апсатского грабена, что может служить указанием на жизнедеятельность глубинной калиевой системы на всём протяжении эпохи мезозойской тектономагматической активизации АСЦ.

**Вещественный состав гумбеитов.** Независимо от вещественных особенностей замещаемых субстратов типоморфный минеральный парагенезис метасоматитов носит универсальный характер и включает калиевый полевой шпат, являющийся главным индикатором метасоматического процесса, а также железистый карбонат, пирит и флюорит. В метасоматических колонках завершённого типа в качестве важнейшего типоморфного компонента выступает кварц. Несмотря на принципиально одинаковый конечный результат метасоматических преобразований, исходные субстраты накладывают всё же определённую специфику на состав возникающих парагенезисов.

*Гумбеиты по карбонатным субстратам*, на примере ЦАР, в свежем состоянии по своему облику практически неотличимы от замещаемых пород, в деталях сохраняя их структурно-текстурные особенности (рис. 5). При некотором навыке они легко диагностируются благодаря исключительной крепости, раковистому излому, охристо-жёлтой и бурой окраске выветрелой поверхности (см. рис. 5, А). При относительно слабом метасоматозе калишпат устанавливается обыкновенно лишь с помощью химического анализа или с применением электронного сканирующего микроскопа. При более интенсивном преобразовании в карбонатной породе появляются линзочки и тонкие прослои пелитоморфного калишпатового аг-

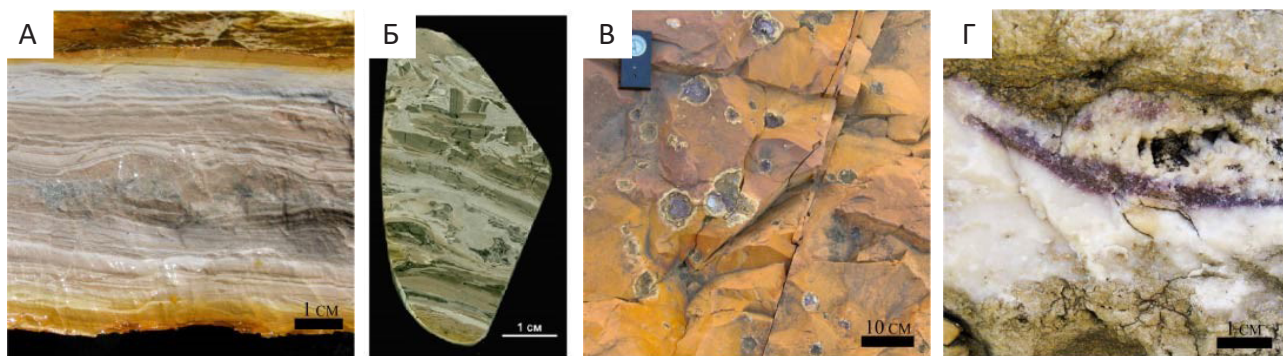


Рис. 5. Структурно-текстурные особенности гумбеитов по доломитам нижнего кембрия:

А – в деталях унаследована слоистая текстура доломитов, поверхность образца покрыта бурой коркой за счёт окисления железистого карбоната и пирита; Б – гумбеит слоисто-брекчиевой текстуры (светлые слои отличаются повышенным содержанием калишпата); В – гнездовые обособления анкерит-флюоритового состава в гумбеитах; Г – флюорит-кальцитовая минерализация по доломитам в приконтактовой части слоя гумбеитов

регата, препазирующиеся при выветривании с образованием характерной ребристой и кавернозной поверхности. Предельными метасоматическими продуктами являются преимущественно калишпатовые (до 75–90 %) породы с унаследованной слоистой или брекчиевой текстурой субстрата (рис. 5А, 5Б).

Калишпат под микроскопом<sup>4</sup> представлен слабо двупреломляющим, часто практически изотропным, микрозернистым агрегатом. Размер зёрен составляет тысячные и сотые доли миллиметра и несколько увеличивается (до десятых долей миллиметра) в цементе брекчиевых и жильных метасоматитов. По составу соответствует низкотемпературному ортоклазу. Карбонат формирует агрегаты зёрен с извилистыми очертаниями размером десятые доли миллиметра и нередко сохраняет реликтовую приуроченность к линейным направлениям (см. рис. 6, А). Состав карбоната изменяется от железистого доломита до анкерита, присутствующих примерно в равных количествах (в сумме около 24 %). Содержание пирита, неравномерно рассеянного в пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитах в виде мельчайших (менее 1 мм) кристаллов кубического габитуса, обыкновенно составляет доли процента реже первые (до 5 %) проценты.

<sup>4</sup> Впечатляющие результаты даёт применение электронного сканирующего микроскопа (рис. 6).

Нередко внутри гумбеитовых тел присутствуют небольшие (до 5–7 см) конусовидные гнёзда и миндалины (см. рис. 5, В), в составе которых преобладает анкерит; в подчинённом количестве в виде тонкой прерывистой каймы по периферии гнездовых обособлений присутствует магнезиосидерит, а также флюорит, мусковит, селлаит, барит (см. рис. 6, Б, обр. К-4). Спорадически в гумбеитовом парагенезисе в тесной ассоциации с кальцитовыми гнёздами и прожилками отмечаются твёрдые (антраксолит) и жидкие битумы. Вероятным их источником являются доломиты и известняки, хотя нельзя исключить и эндогенное происхождение битумов<sup>5</sup>. Присутствие ураноносных битумов, близких высшим керитам-низшим антраксолитам (с повышенными содержаниями золота и серебра), ассоциированных с процессами гумбеизации, отмечается, в частности, на рудопоявлении Колибри (КРП), а также в гумбеизированных породах архейского кристаллического фундамента в пределах КРП.

Химический состав метасоматитов по карбонатным породам (табл. 1) хорошо согласуется с минеральным составом новообразований и характеризуется нарастающим привнесением калия (от пер-

<sup>5</sup> Подобную связь нефтебитумообразования со щёлочно-кремневой флюидизацией осадочных пород допускает П. Ф. Иванкин [15] в рамках своеобразного металлогенического ряда с «холодным» (ниже 200–300°) типом эволюции интрателлурических флюидов.

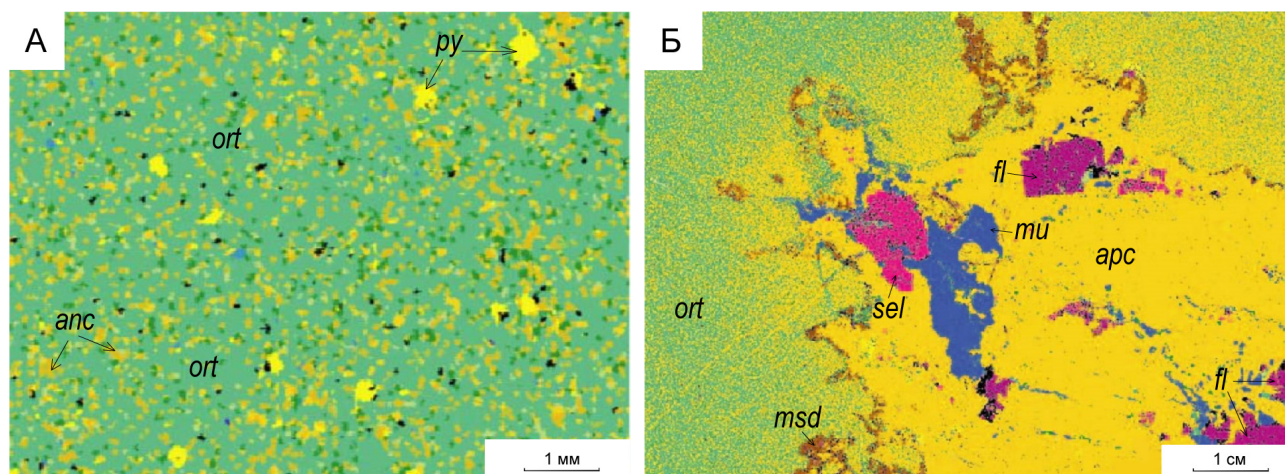


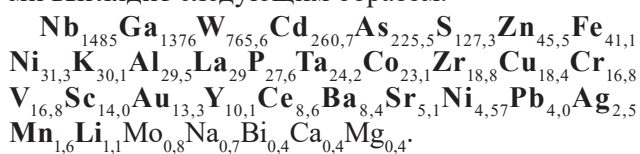
Рис. 6. Гумбеиты по карбонатным породам:

А – типичная разновидность (обр. К-11); Б – гнездовое обособление сложного состава (обр. К-4): kf – ортоклаз, апс – анкерит, пу – пирит, msd – магниосидерит, fl – флюорит, sel – селлаит (фторид магния), му – мусковит (изображения получены на сканирующем электронном микроскопе SEM TESCAN TIMA в ФГБУ «ЦНИГРИ»)

вых до 10–12 %), резко преобладающим над натрием, а также кремнезёма, железа, серы, фосфора, титана и примерно пропорциональным выносом магния и кальция.

Апокарбонатные гумбеиты характеризуются богатым спектром привнесённых микроэлементов (табл. 2).

Их ряд контрастности в сравнении с замещающими преобладающе доломитовыми субстратами выглядит следующим образом:



**В составе пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, проявленных по алюмосиликатным субстратам,** выделяются две группы, соответственно, гумбеиты по терригенным отложениям юры, нижнего протерозоя и рифея и гумбеиты по породам архейского кристаллического фундамента, характеризующиеся в целом близкими вещественными свойствами.

**Гумбеиты по терригенным породам,** как отмечалось, проявляют зональное строение, заключающееся в смене существенно калиевых метасоматитов внутренней зоны, калинатровыми метасоматитами промежуточной зоны и карбонатно-слюдистыми метасоматитами во внешней зоне

ореола. Границы между зонами постепенные (статистические). Гумбеизация песчаников проявлена в интерстициально-объёмной форме. Наиболее интенсивным выражением метасоматических преобразований является формирование горизонтальных и кососекущих маломощных прослоев и линз практически мономинеральных калишпатитов. Это светло-серые, серые и желтоватые (в выветрелом состоянии) породы, сложенные микрозернистым (десятые–тысячные доли мм) агрегатом пелитизированного калишпата (часто изотропного в скрещенных николях), включающем переменное количество остроугольных и изометричных реликтовых обломков преимущественно кварца, реже полевых шпатов (рис. 7).

На участках выклинивания прослоев количество обломочного материала быстро нарастает и на некотором удалении новообразованный калишпат присутствует только в межзерновых промежутках обломочных компонентов песчаника, оказывая на них то более, то менее выраженное воздействие. Микроклин песчаников окружается, обыкновенно, буроватой каймой пелитизированного калишпата, в которой исчезает микроклиновое решётка, и вслед за тем приобретает по периферии неширокую оторочку прозрачного адуляра. Плагноклаз деанортитизируется и частично или полностью замещается калишпатом. По данным микронзондо-

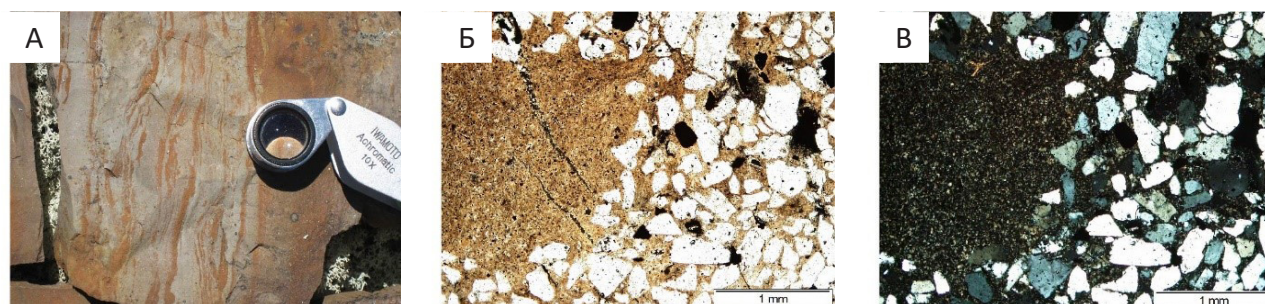


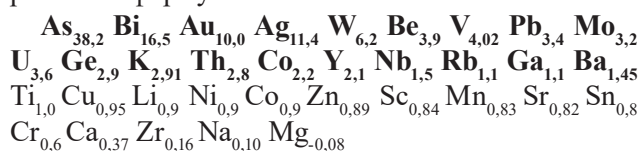
Рис. 7. Гумбеизированный алевро-песчаник внутренней зоны:

А – внешний облик; Б–Б – реликтовые обломки кварца в базальном калишпатовом цементе (шлиф): николи параллельны (Б), николи скрещены (Б')

го и рентген-дифрактометрического анализов, калишпат представлен высококалийевой разновидностью с исчезающе низкими содержаниями альбитового минала и отвечает низкотемпературному (150°) промежуточному ортоклазу [6, 39]. В парагенезисе с калишпатом присутствуют в небольшом количестве стильпномелан (менее 1 %), высококалийевая тёмно-окрашенная гидрослюда типа водонасыщенного иллита, мельчайшие зёрна пирита или замещающий его гидрогётит, железистый карбонат и иногда ярозит. Главным рудным минералом метасоматитов является мышьяковистый (часто зональный) пирит, являющийся основным носителем золота. Количество его обычно не превышает 1–5 %. Изотопный состав серы пирита ( $\delta^{34}\text{S}$  -0,2 ‰) близок метеоритному стандарту [12].

В химическом составе метасоматитов по терригенным породам (табл. 2) в направлении от внешних зон к внутренним происходит закономерное увеличение содержаний  $\text{K}_2\text{O}$  (от 2–4 до 7–11 %) и, наоборот, снижение концентраций  $\text{Na}_2\text{O}$  (от 3 до 0,1 %),  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ .

Геохимическая специализация гумбеитов, в частности по песчаникам Угуйского грабена, выражается формулой



и в качественном отношении в деталях соответствует геохимическим особенностям гумбеитов по терригенным породам Верхне-Якутской и Куранахской впадин ЦАР [42].

*Гумбеиты по породам архейского кристаллического фундамента* наиболее хорошо изу-

чены в Центральном-Алданском районе в связи с их ураноносностью. Субстратом для метасоматических преобразований послужили в разной мере гранитизированные в условиях амфиболитовой фации архейские кристаллосланцы и гнейсы, а также жильные тела раннепротерозойских кварц-альбит-микроклиновых и кварц-ортоклаз-плаггиоклазовых метасоматитов, дайки метадиоритов, составляющие так называемую «древнюю основу» метасоматических зон, пронизанных более поздними швами ультрамилонитов, бластомилонитов и бластотатаклизитов. По интенсивности метасоматических преобразований в строении метасоматических ореолов выделяются центральная, промежуточная, внешняя, периферическая зоны [16]. В *центральной зоне* (2–5 м) исключительным преобладанием пользуются плотные тёмно-серые микрозернистые породы, в составе типового парагенезиса которых преобладает адуляр, низкотемпературный ортоклаз и пирит, при второстепенной примеси анкерита, доломита, кальцита. Содержание реликтовых минералов субстрата обычно составляет не более 5–7 %. При этом темновесные компоненты породы (чаще всего роговая обманка) псевдоморфно замещаются агрегатом калишпата (45 %), феррокарбоната (30–35 %) и пирита (до 20 %). В *промежуточной зоне* вещественным преобразованиям подвергнут практически весь (до 90 %) объём пород, однако в значительной мере сохраняются структурно-текстурные признаки субстрата. Цветные минералы субстрата замещаются пирит-карбонатным агрегатом без участия калишпата. Плаггиоклаз серицитизируется, деанортитизируется и частично с периферии замещается буроватым калишпатом. Во *внешней зоне*, помимо структурно-текстурных останцов, вы-

Табл. 1. Химический состав пирит-карбонатно-кальциевых метасоматитов (гумбеитов)

Оксиды	Центрально-Алданский район							Угуйский район				Южное Верхоянье (Сардана)				Апсатский грабен		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SiO <sub>2</sub>	2,00	11,00	28,79	75,70	61,70	52,29	51,70	76,09	67,44	66,00	67,80	2,80	12,80	54,87	71,50	67,50	50,50	
TiO <sub>2</sub>	<0,02	0,14	0,40	0,17	0,83	0,92	0,85	0,39	1,17	0,68	0,61	0,10	н.о.	0,67	0,22	0,29	0,62	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,40	2,45	6,71	11,26	17,60	14,18	13,46	11,14	11,99	15,61	13,85	0,71	3,70	14,18	14,30	12,30	12,4	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25	0,78	2,44	0,44	1,65	4,15	-	2,80	7,07	4,61	4,94	0,49	0,94	4,21	1,90	2,63	5,43	
FeO	<0,25	0,57	1,19	0,56	1,16	6,03	4,82	0,51	0,38	0,55	0,75	0,49	0,76	0,37	н.опр.	н.опр.	н.опр.	
MnO	<0,02	0,07	0,04	н.о.	н.о.	0,17	0,12	0,07	0,11	0,01	0,02	0,05	0,05	0,09	0,03	0,06	0,13	
MgO	18,37	16,98	9,63	0,90	0,08	5,79	2,64	0,61	0,13	0,77	0,13	16,94	16,48	2,41	0,42	0,78	3,05	
CaO	31,89	25,86	18,95	0,34	0,11	8,51	4,43	0,57	0,13	0,32	0,13	32,70	24,84	5,17	1,88	2,92	7,98	
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,09	0,12	0,20	0,65	3,63	0,76	2,61	0,16	1,89	0,20	0,08	0,18	0,15	5,84	0,37	1,10	
K <sub>2</sub> O	0,34	1,92	4,64	9,19	14,65	2,26	10,18	3,16	10,84	7,86	11,45	0,36	2,16	10,0	1,99	9,44	7,88	
H <sub>2</sub> O	н.о.	0,05	0,05	-	0,65	0,30	1,50	-	-	-	-	1,44	0,67	1,53	-	-	-	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,03	0,10	0,03	0,06	-	0,41	0,07	0,15	0,14	0,23	0,10	0,10	0,39	0,07	0,09	0,21	
CO <sub>2</sub>	44,71	38,83	24,77	-	-	0,68	5,99	-	-	-	-	44,04	37,50	4,55	н.опр.	н.опр.	н.опр.	
SO <sub>3</sub>	<0,10	<0,10	0,53	0,55	-	0,25	3,00	<0,01	<0,01	-	-	н.опр.	н.опр.	н.опр.	н.опр.	н.опр.	н.опр.	
П.П.П.	0,93	0,45	0,91	0,61	0,35	-	-	1,53	1,44	1,39	1,34	н.опр.	н.опр.	н.опр.	1,78	3,02	10,54	
Сумма	98,95	99,42	99,27	99,95	99,49	99,41	99,86	99,55	101,01	99,83	101,4	100,3	100,1	98,59	99,93	99,40	99,84	

**Примечание.** 1-7 – Центрально-Алданский район: 1-3 – гумбеиты по венд-нижнекембрийским карбонатным породам; 4 – гумбеиты по юрским песчанникам (среднее из 2), 5 – гумбеиты по юрским алевро-сланцам, 6-7 – гумбеиты по докембрийским кристаллосланцам [16]; 8 – амфиболовый кристаллосланец, 9 – гумбеиты по песчанникам; 10 – алевролит частично калишпатизированный, 11 – гумбеит по венд-нижнекембрийским карбонатным породам; 12 – первичные известковые доломиты, 13 – слабогумбеитизированные известковые доломиты, 14 – гумбеиты по доломитам (среднее из 3); 15-17 – Апсатский грабен, по [27] – гумбеиты по архейским метаморфическим породам; 15 – исходный плагиогнейс (среднее из 4), 16 – гумбеит пирит-кальциевый (среднее из 9), 17 – гумбеит пирит-карбонат-кальциевый (среднее из 3); н.о. – не обнаружено; н.опр. – не определялся.

Табл. 2. Средние содержания элементов в первичных доломитах (15 проб) и апокарбонатных гумбеитах (30 проб). По данным ICP-MS анализов (ООО «ДЦМ-Аналитика»)

Породы	Элементы, $\text{mln}^{-1}$ , %											
	Ag	Au	Al%	Ba	Ca%	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe%	Ga
Доломит	0,026	0,02	0,28	18,89	18,14	0,04	1,45	0,72	2,52	0,55	0,11	0,01
Гумбеит	0,065	0,27	8,26	159,1	8,04	10,43	12,43	16,64	42,29	10,11	4,52	13,76
	K%	La	Li	Mg%	Mn	Mo	Na%	Nb	Ni	P	Pb	S%
Доломит	0,27	0,59	6,48	16,34	139,8	139,3	1,31	0,01	4,72	31,44	1,24	0,01
Гумбеит	8,13	17,11	7,39	6,28	219,3	114,5	0,89	14,85	21,56	868,1	4,97	1,273
	Sc	Sr	Ta	Ti%	V	W	Y	Zn	Zr			
Доломит	0,44	46,92	0,13	0,01	3,85	0,05	10,86	0,69	1,86			
Гумбеит	6,14	237,1	3,144	0,313	64,65	38,28	109,9	31,04	34,94			

сокую роль (до 40–50 %) играют вещественные реликты субстрата. Граница внешней зоны проводится по полному исчезновению новообразований ортоклаза в субстрате. Типичный парагенезис включает серицит, карбонат, деанортитизированный плагиоклаз, магнетит, пирит, кварц. Мощность промежуточной и внешней зоны составляет 10–30 м. *Периферическая зона* представлена серицит-карбонатным парагенезисом (серицит, карбонат, хлоритоподобная слюдка, лейкоксен, альбит или олигоклаз). Реликты субстрата составляют до 90 %. Ширина зоны может достигать нескольких десятков метров.

Изредка метасоматиты представлены в форме сложно ветвящихся жильно-штокверковых тел эксплозивных брекчий с высокой бризантностью. Мелкие остроугольные осколки разнообразных архейских пород, а также мезозойских щелочных лампрофиров, цементируются тонкозернистым агрегатом железистого карбоната с подчинённым количеством ортоклаза и небольшим количеством пирита.

Химический состав метасоматических зон на примере замещения амфиболовых кристаллосланцев (табл. 2) характеризуется существенным (8,8–12,32 %) привнесением калия, уголекислоты, серы и кремнезёма (во внутреннюю зону ореола) и почти полным выносом натрия и частично магния, кальция и железа.

Геохимическая специализация гумбеитов Эльконского горста определяется вышекларковыми содержаниями U, As, Ag, Au, Mo, Ti, V, W, Sb, Hg

и находит свою реализацию в месторождениях урана, золота (с сопутствующим серебром) и молибдена, ассоциированных с гумбеитами [7, 8, 33]. Изотопный состав серы пирита ( $\delta^{34}\text{S}$  от -0,1 до -11,1 ‰) указывает на её глубинный характер.

Совокупность изложенных геологических фактов наряду с вещественными особенностями пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов подчёркивает их уникальную индивидуальность и генетическую самостоятельность, обусловленную функционированием региональной флюидной мегасистемы калиевого профиля интрателлурического (подлитосферного, мантийного) происхождения. Основаниями к такому заключению служат:

- весьма значительные латеральные масштабы проявления метасоматитов в границах Алдано-Станового щита от Южного Верхоянья на востоке до Кадаро-Удоканской впадины на западе;
- приуроченность метасоматитов к тектоническим структурам регионального уровня, определяющим широтную блоковую делимость АЩ (в частности, Южно-Якутская система рифтогенных впадин), стволным магматогенам, дренирующим мантию (ЦАРР и др.), крупным региональным разломам, контролирующим размещение мезозойских магматических центров;
- огромные объёмы метасоматитов, превышающие объёмы магматических масс в доступном изучению срезе;
- независимость состава метасоматитов от состава пространственно ассоциирующихся с ними мезозойских изверженных пород, а также прояв-

ление метасоматитов за пределами мезозойских магматических центров;

- чрезвычайно специфические и легко опознаваемые структурно-вещественные особенности метасоматитов, не свойственные известным в регионе метасоматитам магматогенного типа и заключающиеся в их простом и однообразном минеральном составе (низкотемпературный ортоклаз, феррокарбонат, пирит, флюорит) и афонитовом, криптозернистом облике;

- характерные особенности химизма метасоматитов, заключающиеся в весьма значительном привносе прежде всего калия, а также углекислоты, сульфидной серы, железа, фтора, определяющие углекисло-водородно-калиевый профиль региональной метасоматической системы;

- характерная геохимическая специфика метасоматитов, выраженная в повышенных концентрациях U, Au, Ag, Mo, Zn, Sn, Cu, Pb, определяющих металлогеническую специализацию мезозойских рудоносных систем АСЦ;

- мантийные характеристики изотопного состава серы.

Рассмотрим в краткой форме роль флюидной калиевой системы подлитосферного уровня в становлении мезозойских рудоносных, в том числе рудно-магматогенных систем АСЦ.

**Рудоносность интрателлурической флюидной системы.** С позиций генетической самостоятельности геохимически специализированной щелочной калиевой системы подлитосферного уровня её металлогенический потенциал может быть реализован как в самостоятельной форме, в частности, в виде месторождений интрателлурического (орто-пневматогидротермального) металлогенического ряда [36]<sup>6</sup>, для которых характерна *«очень большая вертикальная протяжённость колонн метасоматического преобразования пород»* [15], так и через посредство дочерних рудно-магматогенных систем (РМС), возникших при участии этой региональной системы.

Уникальные по своим масштабам месторождения золото-молибденит-браннеритовой формации («эльконский тип») (месторождения Эльконского

рудного узла – Центральный Алдан)) и золото-пирит-адуляр-кварцевой формации («куранахский тип» и «угуйский тип») (месторождения Куранахского и Нижне-Якоkitского рудных узлов в Центральном Алдане, месторождения Темное, Таборное, Гросс, Токкинское и многочисленные рудопроявления в Южно-Угуйском рудном районе АСЦ, рудопроявления Апсатского грабена) относятся, по мнению автора, к интрателлурическому (немагматогенному) классу и являются непосредственными производными этой глубинной системы. Подобная точка зрения, в частности, в отношении месторождений «эльконского типа» высказана ранее Н. П. Лаверовым [22], который выделяет в составе Забайкальско-Южнокитской суперпровинции промышленно-генетический тип *«урановых и золото-урановых месторождений в щелочных метасоматитах, не имеющих видимой связи с магматизмом и контролируемых зонами региональных разломов, по-видимому, мантийной глубинности»*.

Рудоносные системы «куранахского» и «эльконского» типов характеризуются сопоставимыми по масштабу (рангу) латеральными параметрами, одинаковым типом рудоконтролирующих структур, чрезвычайно интенсивным проявлением процессов калиевого метасоматоза (гумбеитизации), сопоставимыми масштабами оруденения, подобным характером эволюции рудоносных систем от ранней щелочной (калиевой) стадии с золото-урановой специализацией к кислой стадии с существенно золотой направленностью. Все эти признаки наряду с сонахождением урановой минерализации в «куранахских рудах» [8] и, наоборот, проявлением золото-кварцевой минерализации «куранахского типа» в рудах «эльконского типа» служат достаточными основаниями для заключения о существовании генетических связей между этими формациями и комплементарном характере этих связей. Обе рудные формации следует рассматривать в качестве субформаций единой золото-молибденит-браннерит-гумбеитовой (или золото-молибден-уран-гумбеитовой) формации, являющейся производной единой рудообразующей системы, эволюционирующей по универсальной схеме прогрессирующей силификации, фундаментальные принципы которой введены Н. В. Беловым [2] и впоследствии актуализированы в работе В. И. Рехарского [38]. Огромный потенциал этой рудообразующей системы в отношении золота, проявленный невысокими (до 1 г/т) содержаниями металла в «эльконском типе» руд

<sup>6</sup> Л. Н. Овчинников [36] в составе четырёх генетических типов флюидов выделяет, в том числе, интрателлурические, *«масса которых не только не уступает объёмам магматических расплавов, но и, зачастую, превосходит их»*. Признаётся возможность их непосредственного участия в рудообразовании.

и в ранних пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитах месторождений «курунахского типа», находит своё выражение в концентрированной форме (золото-пирит-адуляр-кварцевых метасоматитах) в Куранахских месторождениях (Центральное, Боковое, Порфириновое, Северное, Дэлбэ, Дорожное и др.), снимая все вопросы об источнике золота в рудах этого, по определению М. М. Константинова [17], «экзотического месторождения-гиганта»<sup>7</sup>. Комплексный характер золото-молибденит-браннерит-гумбеитовой формации позволяет на полном основании рассматривать её в качестве базовой, в понимании А. А. Сидорова [40], формации для всего Алданского рудно-формационного ряда, металлогеническая специализация которого выражена месторождениями и рудопроявлениями золота (с сопутствующим серебром), урана, молибдена, флюорита различной формационной принадлежности.

**К магматогенным (дочерним) рудным формациям** относятся мелкие и средние по запасам месторождения золото-порфириновой формации (месторождение Рябиновое), ассоциирующие с лейцитит-щёлочносиенитовой формацией (РМС лейцитит-щёлочносиенитового типа); месторождения золото-сульфидно-кварцевой (Лебединское, Колтыконское, Самодумовское, Радостное, Морозкинское) и золото-порфириновой (Гарбузовское, Самозавское) формаций, а также мелкие месторождения и рудопроявления молибдена (Дьяхтарское, Турукское) в ЦАР, связанные с магматизмом монцитит-сиенитовой формации (РМС монцитит-сиенитового типа); золото-кварцевые месторождения Улаханское, Чойдахское (Учурский рудный район), ассоциированные с монцодиорит-гранодиоритовой формацией (РМС монцодиорит-гранодиоритового типа). Каждая из дочерних систем магматогенного типа обладает близким видовым набором минеральных форм и ассоциаций, несколько (на уровне тенденции) различаясь их количественными вариациями. Так, с ассоциациями монцитит-сиенитового типа усиливается молибденовая тенденция, а лейцитит-щёлочносиенитового типа – урановая и уран-ториевая. Универсальный («сквозной») характер дочерних РМС в отношении главных рудных элементов (золото, серебро, молибден, уран) и постоянное присутствие в ру-

дообразующих магматогенных системах всех типов фтора (флюорита – своеобразной генетической метки) весьма выразительно подтверждает высказанное Ф. Л. Летниковым [24] соображение, в соответствии с которым, несмотря на возможные локальные трансформации исходных флюидов, «первичная рудно-геохимическая специализация исходных гиперсистем остаётся отражённой в составе иерархически соподчинённых ей флюидных систем более низких порядков».

Рудоносность дочерних магматогенных систем проявилась по достижению ими определённой «зрелости», наступившей в третьем (позднеюрско-раннемеловом) и четвертом (меловом) этапах, характеризующихся появлением конечных дифференциатов расплавов всех типов. Таким образом, продуктивность РМС при прочих равных условиях полностью или в значительной мере определяется длительностью периода эволюции магматических систем, в течение которого происходит последовательное пополнение («накачка») конкретных РМС рудными компонентами, привнесёнными «родительской» флюидной системой мантийного зарождения. Магматические расплавы любой щёлочности выполняют в основном роль аккумуляторов мантийных флюидов и транспортных систем, относительно слабо влияя на конечный состав связанных с ними рудных месторождений.

**Инtratеллурические калиевые флюиды и магматизм.** Ассоциации мезозойских изверженных пород Алданского формационного ряда составляют латеральную совокупность породных парагенезисов, полярными представителями которых являются лейцитит-фергуситовые (миссуритовые) парагенезисы, с одной стороны, и диорит-гранодиорит-гранитные ассоциации, с другой [28–30]. В рамках этого единого формационного ряда устанавливаются закономерные и направленные вещественно-пространственные сочетания естественных породных ассоциаций (серий, формаций) изверженных пород, отличающихся, прежде всего, по содержанию калия. Логично предположить, что это генеральное признаковое отличие обусловлено столь же значимым надсистемным фактором, которым, по мнению автора, является существование в масштабах АСЦ генетически самостоятельной региональной флюидной системы калиевого профиля, причастной к магмагенезису и петрогенезису [41, 42].

Ю. А. Билибин [3–5], рассматривая генезис ассоциаций изверженных пород Центрального Ал-

<sup>7</sup> Экзотика, надо полагать, кроется в предлагаемой автором гидрогенной гипотезе генезиса Куранахского месторождения.

дана, высказал концепцию, в соответствии с которой всё вещественное разнообразие мезозойских изверженных пород Алдана обязано процессам магматической и кристаллизационной дифференциации. Результатом магматической дифференциации является формирование родоначальных базальтовых магм различной (калиевой) щёлочности – магмы лейцитовых базальтов, ортоклазовых базальтов и трахибазальтовой, ответственных за формирование, соответственно, фойдовых, щёлочно-сиенитовых, монзонит-сиенитовых (латитовых) рядов дифференциации. При этом происхождение всего разнообразия родоначальных магм теоретически объяснялось их генерацией из исходной трахибазальтовой магмы путём добавления того или иного количества калия. Источник калия и механизм «добавления» при этом связывался с диссоциацией лейцитовой молекулы. Роль флюидов в магмагенезисе Ю. А. Билибиным отрицалась. Это положение является наиболее слабым звеном гипотезы и полностью снимается в концепции магмагенезиса в потоках щелочных калиевых флюидов интрателлурического типа.

Теоретические основы магмагенезиса и петрогенезиса в потоках растворов и энергии подкорового происхождения заложены в трудах Д. С. Коржинского [19, 20] и последовательно развиты в работах Ю. А. Кузнецова [21], Ф. А. Летникова [24–26], И. М. Волохова [9, 10]. Применительно к происхождению единой совокупности ассоциаций мезозойских изверженных пород Алданского формационного ряда, формирование родоначальных базальтовых магм различной (калиевой) щёлочности рассматривается нами как результат взаимодействия длительно существующего (на протяжении всего мезозойского цикла) термостатированного потока интрателлурических водородно-углекисло-калиевых флюидов с мантийными, мантийно-коровыми и коровыми (особенно актуально для формирования батолитового пояса мезозойских гранитоидов Станового блока АСЦ) субстратами, различающимися по уровню основности. Подобный механизм магмогенерации, основанный на реально наблюдаемой калиевой субстанции, освобождает от необходимости привлекать в качестве источника калия недоступные наблюдению гипотетические субстраты предварительно метасоматизированной мантии (содержащей флогопит, амфибол, карбонаты) или прибегать к экстракции литофильных элементов из субдуцированной океанической плиты в процессе её дегидратации. Ес-

тественно, предложенный механизм следует рассматривать лишь в качестве генерального фактора магмагенезиса, на фоне которого проявлена целая группа других механизмов петрогенезиса, связанных, к примеру, с процессами частичного плавления субстратов, ассимиляции боковых пород (особенно свойственной щелочным расплавам, характеризующихся практически полным отсутствием ксенолитов) на промежуточных очаговых уровнях магматической колонны в условиях транзитного нагнетания калиевых флюидов (открытая система) или в замкнутом режиме; явлениями смешения магм различной щёлочности, использующих единые магмоводы (как это свойственно полиформационным кольцевым массивам центрального типа), и ряда других факторов (в том числе эволюции состава магмогенерирующих флюидов по восстанию магматической колонны), вносящих определённые коррективы в эволюцию первичных расплавов и состав конечных магматических продуктов<sup>8</sup>. Из перечисленных выше факторов петрогенезиса особого внимания заслуживает возможность прогрессирующей ассимиляции первичными щелочными магмами коровых субстратов пониженной основности с образованием последовательного ряда дифференциатов нисходящей калиевой щёлочности. Изумительным по наглядности примером подобного рода служит Билибинский массив центрального типа, в котором в направлении от периферии к центру происходит последовательная *фациальная* смена ассоциации фойдовых пород (миссуритов, фергуситов, пседолейцитовых сиенитов) щёлочно-полевошпатовыми сиенитами (лаурвикитами, пуласкитами) и далее дифференциатами умеренно-щелочного ряда (субщелочными сиенитами и в центре массива биотит-роговообманковыми гранитами).

Мезозойский магматизм в пределах АСЦ и Центрально-Алданской локальной РМС первого порядка [34], в частности, проявился в период с ранней юры по ранний неоком в четыре этапа. Сама этапность (периодичность) магматических событий представляется чередованием периодов накопления и разрядки («вдоха» и «выдоха») энергии магматической колонны, осуществляющихся за счёт нагнетания высоких давлений глубин и передачи их в голову магматических колонн че-

<sup>8</sup> К сожалению, рамки статьи не дают возможности остановиться на некоторых важных деталях подробнее.

рез посредством интрателлурических флюидов, в частности, в рамках модели, предложенной Н. С. Жатнуевым [13], что, вероятно, и обеспечивало основной механизм интрузии магм [10] в установленной последовательности от более ранних (и более глубинных) щелочных производных к поздним монзонит-сиенитовым и монцодиорит-гранодиоритовым ассоциациям, а также полиэтажное размещение областей концентрации магм («очагов»), исходных для тех или иных формаций и серий. Для Центрально-Алданской РМС наиболее глубинный уровень «палеоочагов»<sup>9</sup> намечается в интервале 170–220 км, второй уровень отвечает интервалу глубин 90–120 км, третий – 40–75 км [1]. «Палеоочаги» и массивы интрузивных пород закономерно размещены и в земной коре в интервалах глубин 1,5–2,5, 5–10 и 15–20 км. При этом расплавленное состояние магматических очагов (магматической колонны) во всём диапазоне глубин поддерживается энергией мантийных флюидов, вероятно, на протяжении значительного, если не всего, периода мезозойской активизации. Об этом свидетельствует последовательное углубление дифференциации расплавов различной щёлочности от этапа к этапу с появлением всё более лейкократовых дифференциатов, с одной стороны, и одновременное функционирование всей магматической колонны в четвёртом (меловом) этапе, проявленное в форме как наиболее глубинных лампроитовидных парагенезисов в виде даек и небольших диатрем (ассоциированных с сопровождающими их карбонат-калишпатовыми метасоматитами), так и конечных дифференциатов щелочных магм – штоков и даек эгириновых гранитов, грорудитов, сельвсбергитов, тингуаитов, взрывчатых брекчий состава гололейкократовых щелочных трахитов (массив Рябиновый), а также проявлением рудной минерализации магматического типа.

**Обсуждение результатов.** Объективно установлено региональное проявление в масштабах Алдано-Станового геоблока геохимически специализированной интрателлурической щелочной флюидной системы калиевого профиля.

По своим масштабам эта флюидная система может рассматриваться как гиперсистема [24], адекватно согласующаяся с представлениями Е. П. Максимова [28] об иерархии мезозойских рудоносных магматогенных систем Алдано-Станового геоблока, в соответствии с которыми в границах названной структуры выделяется региональная РМС ранга металлогенической области. Масштабы этой системы и полиэтажное устройство магматической колонны хорошо сочетаются с идеей А. М. Петрашевского и Ю. П. Юшманова [37] о существовании Алдано-Зейского плюма и его фрактального устройства. Подобные системы характерны для участков континентов с наиболее зрелой литосферой с мощным гранитогнейсовым слоем, как это имеет место на АСЦ.

Эта флюидная система, обладающая огромным металлогеническим потенциалом прежде всего в отношении золота и урана, а также молибдена, меди, флюорита, является, без преувеличения, носителем генетических кодов по отношению к формированию всего разнообразия мезозойских ассоциаций изверженных пород Алданского формационного ряда и эндогенной минерализации и позволяет без существенных противоречий, в рамках умеренной конвергентности, моделировать магматогенно-рудные системы различных металлогенических рангов, удовлетворяя тем самым «принципу простоты» как одному из важных способов оценки правдоподобия (верифицируемости) гипотез.

Одним из главных вопросов в проблеме происхождения калиевого метасоматоза регионального типа является вопрос об источнике калия в метасоматической флюидной системе. В нашем представлении, в связи с рассматриваемым вопросом особого внимания заслуживает идея В. Н. Ларина [23] о заимствовании калия (в частности, для формирования гранитного слоя земной коры) из недеплетированного мантийного субстрата («гиполита»), содержащего изначально, по его мнению, до 0,6 % калия, в результате «водородной продувки» в процессе дегазации жидкого внешнего ядра, в рамках гипотезы расширяющейся Земли. Эта идея, в свою очередь, тесно переплетается с группой гипотез, связывающих источник калия (и других компонентов интрателлурических флюидов) с дегазацией глубин мантии [9, 20, 21, 25] или с импульсной дегазацией жидкого земного ядра [32]. И

<sup>9</sup> Следует оговориться, что понятие «очаг» часто используется различными авторами как термин свободного пользования, без должного его осмысливания, иногда до нелепости упрощённо.

действительно, геохимическая история калия в земной коре (кстати, во многом отличная от истории натрия) носит периодически проявляющийся, импульсный характер<sup>10</sup>, что особенно характерно для докембрийского («доплитного») геологического периода развития Земли, характеризующегося мощнейшими (катастрофическими, взрывными) вспышками калиевой активности, вещественными производными которых являются гранито-гнейсовый слой земной коры, с одной стороны, гидросфера и кислородная атмосфера, с другой. Представляется, что калиевая активность в мезозое Алдано-Станового геоблока и за его пределами, проявленная в калиевых метасоматитах регионального типа, относится по вещественным признакам, петрогенетическим и металлогенетическим следствиям к тому же классу значимых геологических явлений (естественно, спроецированных в отношении масштабов на мезозойский возрастной срез), что и процессы архейской гранитизации или кремне-щелочного метасомато-

<sup>10</sup> Уместно, пожалуй, в этой связи сослаться также на работу Е. А. Кораго [18], который рассматривает позднепалеозойскую–мезозойскую историю Северо-Востока Азии как «результат *дыхания* некой эндогенной массы, т. е. мантийного диапира». И далее «... пульсации (дыхание) подобных эндогенных масс возможны при допущении правомерности идей о пульсирующей Земле, т. е. её периодических сжатиях и растяжениях либо непрерывно-прерывистом расширении».

за и гранитообразования в протерозое. Причиной вспышки региональной флюидной калиевой активности является, вероятно, мощный энергетический импульс, положивший начало мезозойской эпохи тектоно-магматической активизации Земли и рассматриваемого региона, в частности.

По убеждению автора, металлогенетический потенциал гумбеитов в отношении, прежде всего, золота и урана открытыми месторождениями не исчерпывается. Этот тип рудной минерализации находится, по существу, в начальной стадии изучения. Сама возможность реализации металлогенетического потенциала интрателлурических флюидов в форме самостоятельных месторождений напрямую, минуя магматическую стадию, создаёт интригующую альтернативу доминирующей парадигме «магматизм – метасоматоз – оруденение» и открывает новые возможности поисков, в частности, золоторудных месторождений интрателлурического типа. Есть основания прогнозировать подобного рода объекты в пределах обширной амагматичной территории северного склона АСЦ, в границах рифтогенной системы Южно-Якутских угленосных впадин, слабо изученного с этих позиций Забайкальского и Верхояно-Чукотского регионов, а также в пределах, казалось бы, хорошо изученных районов мезозойской ТМА Алданского щита [31]. Последние и, прежде всего, Центральный Алдан являются уникальными геологическими полигонами для решения ключевых петрологических и металлогенетических проблем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов В. А.* Глубинное строение Центрально-Алданского района. – Владивосток : Дальнаука, 1995. – 180 с.
2. *Белов В. Н.* Очерки структурной минералогии. – М. : Недра, 1976. – 344 с.
3. *Билибин Ю. А.* О генезисе щелочных пород // Зап. ВМО. – 1940. – Сер. 2. – Ч. 69, Вып. 2–3. – С. 228–248.
4. *Билибин Ю. А.* Петрография Алдана. Послеюрские интрузии Алданского района // Изб. тр. – Т. 1. – М. : АН СССР, 1958. – С. 264–431.
5. *Билибин Ю. А.* Петрология Ыльмахского интрузива // Избр. тр. – Т. 2. – М. : АН СССР, 1954. – С. 5–200.
6. *Блох А. М., Дагаева И. В.* Щелочной метасоматоз в неметаморфизованных осадках юры Чульманской впадины (Южная Якутия) // Советская геология. – 1980. – № 8. – С. 69–82.
7. *Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н.* Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (России) // Геология рудных месторождений. – 1998. – Т. 40, № 4. – С. 354–369.
8. *Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н., Дорожкина Л. А.* Золоторудные и золото-урановые месторождения Центрального Алдана // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. – Т. 2. – М. : ИГЕМ РАН, 2006. – С. 215–240.

9. Волохов И. М. Магматические процессы и интрателлурические растворы (заметки к проблеме происхождения магм и магматических формаций) // Вопросы магматической геологии Сибири. – Новосибирск : Наука, 1978. – С. 138–176.
10. Волохов И. М. Магмы, интрателлурические растворы и магматические формации. – Новосибирск : Наука, 1979. – 166 с.
11. Давыдов Ю. В. Доломит(анкерит)-кварц-ортоклазовые метасоматиты полиметаллического месторождения Сардана (юго-восточная Якутия) // Магматизм, метасоматизм и литология рудных узлов Восточной и Южной Якутии. – Якутск, 1981. – С. 77–89.
12. Двуреченская С. С., Кряжев С. Г. Минералогическо-геохимические особенности пород и руд месторождения Таборного (западная часть Алданского щита) // Руды и металлы. – 2005. – № 4. – С. 12–18.
13. Жатнуев Н. С. Трансмантийные (интрателлурические) флюиды: новая модель плюмов и плюмового магматизма // Геология и геофизика – 2016. – Т. 57, № 8. – С. 1445–1454.
14. Зубков Ю. А., Сагир А. В., Чварова Н. В. «Угуйский» тип большеобъёмных золоторудных месторождений, сформированных в линейной коре выветривания (юго-западная Якутия) // Отечественная геология. – 2020. – № 2. – С. 32–44.
15. Иванкин П. Ф., Назарова Н. И. О типизации рудообразующих систем // Геология рудных месторождений – 1991. – № 5. – С. 3–12.
16. Казанский В. И., Омеляненко Б. И. О мезозойских гидротермальных изменениях архейских пород в Центральном-Алданском районе // Геология рудных месторождений – 1967. – № 1.
17. Константинов М. М. Золоторудные провинции мира. – М. : Научный мир, 2006. – 355 с.
18. Кораго Е. А. Позднепалеозойско-мезозойская геодинамика Яно-Колымского междуречья с позиции мантийного диапиризма // Тихоокеанская геология. – 1995. – Т. 14, № 4. – С. 90–101.
19. Коржинский Д. С. Потоки трансмагматических растворов и процессы гранитизации // Магматизм, формации кристаллических пород и глубины Земли. Ч. 1. – М. : Наука, 1972. – С. 144–153.
20. Коржинский Д. С. Трансмагматические потоки растворов подкорового происхождения и их роль в магматизме и метаморфизме // Кора и верхняя мантия Земли. – М., 1968. – С. 69–74.
21. Кузнецов Ю. А., Изох Э. П. Геологические свидетельства интрателлурических потоков тепла и вещества как агентов метаморфизма и магнообразования // Проблемы петрологии и генетической минералогии. – Т. 1. – М. : Наука, 1969. – С. 7–20.
22. Лаверов Н. П., Величкин В. И., Власов В. Б. Геология и условия формирования урановых суперпровинций в аккреционно-коллизиионном мегапоясе Северной Евразии // Материалы научной конференции «Новые горизонты в изучении процессов магма и рудообразования». – М. : ИГЕМ РАН, 2010. – С. 265–266.
23. Ларин В. Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). – М. : Агар, 2005. – 242 с.
24. Летников Ф. А. Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования // Вестник ОГГГН РАН. – 1999. – Т. 1, № 4(10). – С. 5–20.
25. Летников Ф. А., Карпов И. К., Киселев А. И., Шкандрий Б. О. Флюидный режим земной коры и верхней мантии. – М. : Наука, 1977. – 214 с.
26. Летников Ф. А., Феоктистов Г. Д., Вилор Н. В. [и др.] Петрология и флюидный режим континентальной литосферы. – Новосибирск : Наука, 1988. – 112 с.
27. Макарьев Л. Б., Былинская Л. В., Павшуков В. В., Павлов М. В., Тимашков А. Н. Новые данные о мезозойском золотом оруденении Западного Алдана (Апсатский грабен) // Докл. АН РФ. – 2006. – Т. 410, № 3. – С. 376–380.
28. Максимов Е. П. Мезозойские рудоносные магматогенные системы Алдано-Станового щита : специальность 25.00.01 «Общая и региональная геология» : автореф. дис. на соискание учёного степеней канд. геол.-минерал. наук / Евгений Петрович Максимов. – Якутск : Ин-т геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 2003. – 44 с.
29. Максимов Е. П. Опыт формационного анализа мезозойских магматических образований Алданского щита // Изв. АН СССР, сер. геол. – 1975. – № 4. – С. 16–32.
30. Максимов Е. П. Серии мезозойских щелочных и субщелочных пород Алдана // Докл. АН СССР. – 1971. – Т. 200, № 5. – С. 1195–1198.
31. Максимов Е. П., Уютов В. И., Никитин В. Н. Центральном-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29, № 2. – С. 3–26.
32. Маракушев А. А., Русинов В. Л., Зотов И. А., Панях Н. А., Перцев Н. Н. Глобальные аспекты эндогенного рудообразования // Геология рудных месторождений. – 1997. – Т. 39, № 6. – С. 483–501.
33. Мигута А. К. Состав и парагенетические минеральные ассоциации урановых руд Эльконского района (Алданский щит, Россия) // Геология рудных месторождений. – 1997. – Т. 39, № 4. – С. 323–343.
34. Молчанов А. В. Металлогения урана Алданского и Анабарского щитов : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учёного степеней докт. геол.-минерал. наук / Анатолий Васильевич Молчанов. – СПб. : Всерос.

науч.-исслед. геол. ин-т им. А. П. Карпинского, 2004. – 42 с.

35. Молчанов А. В., Пуринг В. В. Золото-урановое оруденение Угуйско-Олдонгсинской площади (западная часть Алданского щита) // Научные и методические вопросы прогноза и поисков месторождений высокорентабельных урановых руд на территории России. – СПб. : ВСЕГЕИ, 1995. – С. 58–62.
36. Овчинников Л. Н. Вода – основа рудообразования // Рудообразующие процессы и системы. – М. : Наука, 1989. – С. 35–49.
37. Петрищевский А. М., Юшманов Ю. П. Геофизические, магматические и металлогенические признаки проявления мантийного плюма в верховьях рек Алдана и Амура // Геология и геофизика – 2014. – Т. 55, № 4. – С. 568–593.
38. Рехарский В. И. [и др.] Зарождение и развитие силикатных, силикатно-флюидных систем и закономерности поведения рудных элементов // Геол. руд. мест. – 1991. – № 3. – С. 67–77.
39. Седенко С. В. Новый гидрогетит-кварц калишпатовый тип мезозойского золотого оруденения Южно-Угуйского района (западная часть Алданского щита) : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учёного степен. канд. геол.-минерал. наук / Сергей Васильевич Седенко. – М. : Моск. гос. геологоразвед. академия, 2001. – 28 с.
40. Сидоров А. А., Томсон И. Н. Базовые рудные формации // Тихоокеан. геология. – 1987. – № 5. – С. 102–108.
41. Терентьев В. М., Казанский В. И. Эльконский урановорудный район на Алданском щите // Региональная геология и металлогения. – 1999. – № 8. – С. 47–57.
42. Уютов В. И. О роли щелочных калиевых флюидов в петро- и рудогенезисе // Магматизм и рудоносность вулканических поясов. – Хабаровск, 1989. – С. 111–112.
43. Уютов В. И., Угрюмов А. Н., Карелин В. В. Мезозойский железо-углекисло-калиевый метасоматоз Алдана // Изв. АН СССР. Сер. Геол. – 1981. – № 1. – С. 52–60.

## REFERENCES

1. Abramov V. A. Glubinnoye stroyeniye Tsentralno-Aldanskogo rayona [Deep structure of the Central Aldan region], Vladivostok, Dalnauka publ., 1995, 180 p. (In Russ.)
2. Belov V. N. Ocherki strukturnoy mineralogii [Essays on structural mineralogy], Moscow, Nedra publ., 1976, 344 p. (In Russ.)
3. Bilibin Yu. A. O genezise shchelochnykh porod [On the genesis of alkaline rocks], Zap. VMO, 1940, Ser. 2, Pt. 69, Is. 2–3, pp. 228–248. (In Russ.)
4. Bilibin Yu. A. Petrografiya Aldana. Posleyurskie intruzii Aldanskogo rajona [Petrography of Aldan. Post-Jurassic intrusions of the Aldan region], Izb. tr, V. 1, Moscow, AN SSSR publ., 1958, pp. 264–431. (In Russ.)
5. Bilibin Yu. A. Petrologiya Ylymakhsokogo intruziva [Petrology of the Ylymakh intrusion], Izbr. tr, V. 2, Moscow, AN SSSR publ., 1954, pp. 5–200. (In Russ.)
6. Blokh A. M., Dagayeva I. V. Shchelochnoy metasomatоз v nemetamorfizovannykh osadkakh yury Chulmanskoй vpadiny (Yuzhnaya Yakutiya) [Alkaline metasomatism in unmetamorphosed Jurassic sediments of the Chulman depression (South Yakutia)], Sovetskaya geologiya, 1980, No. 8, pp. 69–82. (In Russ.)
7. Boytsov V. Ye., Pilipenko G. N. Zoloto i uran v mezozoyskikh gidrotermalnykh mestorozhdeniyakh Tsentralnogo Aldana (Rossii) [Gold and uranium in Mesozoic hydrothermal deposits of Central Aldan (Russia)], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 1998, V. 40, No. 4, pp. 354–369. (In Russ.)
8. Boytsov V. Ye., Pilipenko G. N., Dorozhkina L. A. Zolotorudnyye i zoloto-uranovyye mestorozhdeniya Tsentralnogo Aldana [Gold ore and gold-uranium deposits of Central Aldan], Krupnyye i superkrupnyye mestorozhdeniya rudnykh poleznykh iskopayemykh, V. 2, Moscow, IREM RAN publ., 2006, pp. 215–240. (In Russ.)
9. Volokhov I. M. Magmaticheskiye protsessy i intratelluricheskiye rastvory (zametki k probleme proiskhozhdeniya magm i magmaticheskikh formatsiy) [Magmatic processes and intratelluric solutions (notes on the problem of the origin of magmas and magmatic formations)], Voprosy magmaticheskoy geologii Sibiri, Novosibirsk, Nauka publ., 1978, pp. 138–176. (In Russ.)
10. Volokhov I. M. Magmy, intratelluricheskiye rastvory i magmaticheskiye formatsii [Magmas, intratelluric solutions and igneous formations], Novosibirsk, Nauka publ., 1979, 166 p. (In Russ.)
11. Davydov Yu. V. Dolomit(ankerit)-kvarts-ortoklazovyye metasomatity polimetallicheskogo mestorozhdeniya Sardana (yugo-vostochnaya Yakutiya) [Dolomite (ankerite)-quartz-orthoclase metasomatites of the Sardana polymetallic deposit (southeastern Yakutia)], Magmatizm, metasomatizm i litologiya rudnykh uzlov Vostochnoy i Yuzhnoy Yakutii, Yakutsk, 1981, pp. 77–89. (In Russ.)

12. *Dvurechenskaya S. S., Kryazhev S. G.* Mineralogo-geokhimicheskiye osobennosti porod i rud mestorozhdeniya Tabornogo (zapadnaya chast Aldanskogo shchita) [Mineralogical and geochemical features of rocks and ores of the Tabornoye deposit (western part of the Aldan shield)], *Rudy i metally*, 2005, No. 4, pp. 12–18. (In Russ.)
13. *Zhatnuyev N. S.* Transmantiynnye (intratelluricheskiye) flyuidy: novaya model plyumov i plyumovogo magmatizma [Transmantle (intratelluric) fluids: a new model of plumes and plume magmatism], *Geol. i geofiz*, 2016, V. 57, No. 8, pp. 1445–1454. (In Russ.)
14. *Zubkov Yu. A., Sagir A. V., Chvarova N. V.* Uguyskiy tip bolsheobyomnykh zolotorudnykh mestorozhdeniy, sformirovannykh v lineynoy kore vyvetrivaniya (yugozapadnaya Yakutiya) [“Uguy” type of large-volume gold ore deposits formed in the linear weathering crust (southwestern Yakutia)], *Otechestvennaya Geologiya*, 2020, No. 2, pp. 32–44. (In Russ.)
15. *Ivankin P. F., Nazarova N. I.* O tipizatsii rudoobrazuyushchikh sistem [On the typification of ore-forming systems], *Geol. rud. mest*, 1991, No. 5, pp. 3–12. (In Russ.)
16. *Kazanskiy V. I., Omelyanenko B. I.* O mezozoyskikh gidrotermalnykh izmeneniyakh arkheyskikh porod v Tsentralno-Aldanskom rayone [On Mesozoic hydrothermal changes of Archean rocks in the Central Aldan region], *Geol. rud. mest*, 1967, No.1. (In Russ.)
17. *Konstantinov M. M.* Zolotorudnyye provintsii mira [Gold-ore provinces of the world], Moscow, Nauchnyy mir publ., 2006, 355 p. (In Russ.)
18. *Korago Ye. A.* Pozdnepaleozoysko-mezozoyskaya geodinamika Yano-Kolymnskogo mezhdurechya s pozitsii mantiynogo diapirizma [Late Paleozoic-Mesozoic geodynamics of the Yana-Kolyma interfluve from the standpoint of mantle diapirism], *Tikhookeanskaya geologiya*, 1995, V. 14, No. 4, pp. 90–101. (In Russ.)
19. *Korzhinskiy D. S.* Potoki transmagnaticheskikh rastvorov i protsessy granitizatsii [Flows of transmagnatic solutions and granitization processes], *Magmatizm,formatsii kristallicheskikh porod i glubiny Zemli. Ch.1*, Moscow, Nauka publ., 1972, pp. 144–153. (In Russ.)
20. *Korzhinskiy D. S.* Transmagnaticheskkiye potoki rastvorov podkorovogo proiskhozhdeniya i ikh rol v magmatizme i metamorfizme [Transmagnatic flows of solutions of subcrustal origin and their role in magmatism and metamorphism], *Kora i verkhnyaya mantiya Zemli*, Moscow, 1968, pp. 69–74. (In Russ.)
21. *Kuznetsov Yu. A., Izokh E. P.* Geologicheskiye svidetelstva intratelluricheskikh potokov tepla i veshchestva kak agentov metamorfizma i magmoobrazovaniya [Geological evidence of intratelluric flows of heat and matter as agents of metamorphism and magma formation], *Problemy petrologii i geneticheskoy mineralogii*, V. 1, Moscow, Nauka publ., 1969, pp. 7–20. (In Russ.)
22. *Laverov N. P., Velichkin V. I., Vlasov V. B.* Geologiya i usloviya formirovaniya uranovykh superprovintsiy v akkretsiionno-kollizionnom megapoyase Severnoy Yevrazii [Geology and conditions of formation of uranium superprovinces in the accretion-collisional megabelt of Northern Eurasia], *Materialy nauchnoy konferentsii Novyye gorizonty v izuchenii protsessov magma i rudoobrazovaniya*, Moscow, IGEM RAN publ., 2010, pp. 265–266. (In Russ.)
23. *Larin V. N.* Nasha Zemlya (proiskhozhdeniye, sostav, stroyeniye i razvitiye iznachalno gidridnoy Zemli) [Our Earth (the origin, composition, structure and development of the originally hydride Earth)], Moscow, Agar publ., 2005, 242 p. (In Russ.)
24. *Letnikov F. A.* Flyuidnyye fatsii kontinentalnoy litosfery i problemy rudoobrazovaniya [Fluid facies of the continental lithosphere and problems of ore formation], *Vestnik OGGGN RAN*, 1999, V. 1, No. 4(10), pp. 5–20. (In Russ.)
25. *Letnikov F. A., Karpov I. K., Kiselev A. I., Shkandriy B. O.* Flyuidnyy rezhim zemnoy kory i verkhney mantii [Fluid regime of the earth’s crust and upper mantle], Moscow, Nauka publ., 1977, 214 p. (In Russ.)
26. *Letnikov F. A., Feoktistov G. D., Vilor N. V.* [et al.] Petrologiya i flyuidnyy rezhim kontinentalnoy litosfery [Petrology and fluid regime of the continental lithosphere], Novosibirsk, Nauka publ., 1988, 112 p. (In Russ.)
27. *Makaryev L. B., Bylinskaya L. V., Pavshukov V. V., Pavlov M. V., Timashkov A. N.* Novyye dannyye o mezozoyskom zolotom orudnenii Zapadnogo Aldana (Apsatskiy graben) [New data on the Mesozoic gold mineralization of the Western Aldan (Apsat graben)], *Dokl. AN RF*, 2006, V. 410, No. 3, pp. 376–380. (In Russ.)
28. *Maksimov Ye. P.* Mezozoyskiye rudosnosnyye magmatogennyye sistemy Aldano-Stanovogo shchita [Mesozoic ore-bearing magmatic systems of the Aldan-Stanovoy Shield], Yakutsk, In-t geologii almaza i blagorodnykh metallov SO RAN publ., 2003, 44 p. (In Russ.)
29. *Maksimov Ye. P.* Opyt formatsionnogo analiza mezozoyskikh magmaticheskikh obrazovaniy Aldanskogo shchita [Experience of formational analysis of Mesozoic igneous formations of the Aldan Shield], *Izv. AN SSSR, ser. geol*, 1975, No. 4, pp. 16–32. (In Russ.)
30. *Maksimov Ye. P.* Serii mezozoyskikh shchelochnykh i subshchelochnykh porod Aldana [Series of Mesozoic alkaline and subalkaline rocks of Aldan], *Dokl. AN SSSR*, 1971, V. 200, No. 5, pp. 1195–1198. (In Russ.)
31. *Maksimov Ye. P., Uytov V. I., Nikitin V. N.* Tsentralno-Aldanskaya zoloto-uranovorudnaya magmatogennaya sistema (Aldano-Stanovoy shchit, Rossiya) [Central Aldan gold-uranium ore magmatic system (Aldan-Stanovoy Shield, Russia)], *Tikhookeanskaya geologiya*, 2010, V. 29, No. 2, pp. 3–26. (In Russ.)

32. *Marakushev A. A., Rusinov V. L., Zotov I. A., Paneyakh N. A., Pertsev N. N.* Globalnyye aspekty endogenno rudoobrazovaniya [Global aspects of endogenous ore formation], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1997, V. 39, No. 6, pp. 483–501. (In Russ.)
33. *Miguta A. K.* Sostav i parageneticheskiye mineralnyye assotsiatsii uranovykh rud Elkonskogo rayona (Aldanskiy shchit, Rossiya) [Composition and paragenetic mineral associations of uranium ores of the Elkon region (Aldan shield, Russia)], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1997, V. 39, No. 4, pp. 323–343. (In Russ.)
34. *Molchanov A. V.* Metallogeniya urana Aldanskogo i Anabarskogo shchitov [Metallogeny of uranium of the Aldan and Anabar shields], St. Petersburg, Vseros. nauch.-issled. geol. in-t im. A.P. Karpinskogo publ., 2004, 42 p. (In Russ.)
35. *Molchanov A. V., Puring V. V.* Zoloto-uranovoye orudneniye Uguysko-Oldongsinskoy ploshchadi (zapadnaya chast Aldanskogo shchita) [Gold-uranium mineralization of the Uguy-Oldongsinskaya area (western part of the Aldan shield)], *Nauchnyye i metodicheskiye voprosy prognoza i poiskov mestorozhdeniy vysokorentabelnykh uranovykh rud na territorii Rossii*, St. Petersburg, VSEGEI publ., 1995, pp. 58–62. (In Russ.)
36. *Ovchinnikov L. N.* Voda – osnova rudoobrazovaniya [Water – the basis of ore formation], *Rudoobrazuyushchiye protsessy i sistemy*, Moscow, Nauka publ., 1989, pp. 35–49. (In Russ.)
37. *Petrishchevskiy A. M., Yushmanov Yu. P.* Geofizicheskiye, magmaticheskiye i metallogenicheskiye priznaki proyavleniya mantiynogo plyuma v verkhovyakh rek Aldana i Amura [Geophysical, magmatic and metallogenic signs of mantle plume manifestation in the upper reaches of the Aldan and Amur rivers], *Geol. i geofiz.*, 2014, V. 55, No. 4, pp. 568–593. (In Russ.)
38. *Rekharskiy V. I.* [et al.] Zarozhdeniye i razvitiye silikatnykh, silikatno-flyuidnykh sistem i zakonomernosti povedeniya rudnykh elementov [Origin and development of silicate, silicate-fluid systems and patterns of behavior of ore elements], *Geol. rud. mest.*, 1991, No. 3, pp. 67–77. (In Russ.)
39. *Sedenko S. V.* Novyy gidrogetit-kvarts kalishpatovyy tip mezozoyskogo zolotogo orudneniya Yuzhno-Uguyskogo rayona (zapadnaya chast Aldanskogo shchita) [New hydrogoethite-quartz potassium feldspar type of Mesozoic gold mineralization of the South-Uguysky region (western part of the Aldan shield)], Moscow, Mosk. gos. geologo-razved. akademiya publ., 2001, 28 p. (In Russ.)
40. *Sidorov A. A., Tomson I. N.* Bazovyye rudnyye formatsii [Basic ore formations], *Tikhookean. geologiya*, 1987, No. 5, pp. 102–108. (In Russ.)
41. *Terentyev V. M., Kazanskiy V. I.* Elkonskiy uranovorudnyy rayon na Aldanskom shchite [Elkon uranium ore region on the Aldan shield], *Regionalnaya geologiya i metallogeniya*, 1999, No. 8, pp. 47–57. (In Russ.)
42. *Uyutov V. I.* O roli shchelochnykh kaliyevykh flyuidov v petro- i rudogenezise [On the role of alkaline potassium fluids in petro- and ore genesis], *Magmatizm i rudonosnost vulkanicheskikh pojasov*, Khabarovsk, 1989, pp. 111–112. (In Russ.)
43. *Uyutov V. I., Ugryumov A. N., Karelin V. V.* Mezozoy-skiy zhelezo-uglekislo-kaliyevyy metasomatoz Aldana [Mesozoic iron-carbon dioxide-potassium metasomatism of Aldan], *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.*, 1981, No. 1, pp. 52–60. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 16.01.26; одобрена после рецензирования 05.02.26; принята к публикации 05.02.26.  
The article was submitted 16.01.26; approved after reviewing 05.02.26; accepted for publication 05.02.26.