

## Прогнозно-поисковая модель нового типа золотого оруденения Центрально-Алданского рудного района (Южная Якутия)

В кристаллических породах фундамента Центрально-Алданского рудного района выявлено рудопроявление «Дорожное», золоторудная минерализация которого позволяет отнести его к новому для Центрального Алдана типу. Проведенные минералого-петрографические исследования и анализ структурной позиции имели целью выявление особенностей формирования этого оруденения и его пространственно-временных взаимоотношений с золото-урановыми месторождениями Эльконского типа. Золотопроявление приурочено к разлому протерозойского заложения, омоложенному мезозойской тектоно-магматической активизацией; его крутопадающая зона трассируется высокотемпературными кварц-полевошпатовыми метасоматитами протерозойского возраста. Мезозойская активизация проявлена в виде зоны дробления с наложенной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. Это проявление имеет черты сходства с типичным для региона золото-урановым оруденением, но отличается отсутствием пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, ассоциирующих с урановой минерализацией в породах фундамента. Таким образом, в региональном масштабе проявлена латеральная зональность – со сменой в кристаллическом фундаменте золото-урановых руд Эльконского типа уран-золоторудной минерализацией Фёдоровского типа и, далее, собственно золоторудной – в проявлении «Дорожное». На этой основе предложена прогнозно-поисковая модель, которая, при слабой изученности и высоком золотоносном потенциале кристаллических толщ региона, может служить ориентиром при проектировании прогнозно-поисковых и оценочных работ.

**Ключевые слова:** золото, метасоматиты, месторождение Подголечное, Эльконский тип оруденения, Южная Якутия.

Центрально-Алданский рудный район находится на северной окраине Алданского щита и характеризуется многоярусным геологическим строением. Нижний ярус (кристаллический фундамент) сложен раннепротерозойскими гнейсами и кристаллосланцами верхнеалданской и фёдоровской серий, которые смяты в складки и рассечены многочисленными разломами, гранитизированы и прорваны интрузиями нормальных и умеренно-щелочных калиевых гранитоидов. Верхний ярус (платформенный чехол) образован вендско-нижнекембрийскими и юрскими породами. В разрезе вендско-нижнекембрийских пород преобладают доломиты, мергели, известняки с незначительным участием известковистых песчаников. Общая мощность чехла составляет около 650 метров. Нижняя (юдомская) свита имеет вендский возраст, а четыре свиты, перекрывающие её (пестроцветная, тумулдурская, унгелинская и куторгинская) – раннекембрийский. Юрские отложения представлены аркозовыми красноцветными песчаниками, базальными и внутриформационными гравелитами, конгломератами, с прослоями сероцветных углисто-глинистых сланцев (Ветлужских и др., 2002).

С мезозойской активизацией связано широкое проявление магматических пород алданского щелочного интрузивно-вулканогенного комплекса раннеюрского-раннемелового возраста. Они представлены лейцит-щелочно-сиенитовым, монзонит-сиенитовым, фергусит-дунитовым формационными типами. Распространённой формой магматических тел являются штоки, силлы, дайки, реже встречаются неки, трубки взрыва и другие субвулканические тела (Максимов и др., 2010).

До недавнего времени все оруденение района подразделялось на две основные группы: золоторудное в породах платформенного чехла; золотоурановое в породах фундамента (Бойцов и др., 2006). Золоторудные объекты

в породах осадочного чехла давно эксплуатируются, хорошо изучены и довольно подробно описаны в ряде опубликованных работ (Ветлужских и др., 2002; Максимов и др., 2010; Бойцов и др. 2006; Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006). В существенно меньшей степени изучены особенности месторождений, локализованных в породах кристаллического фундамента, на характеристике которых остановимся чуть подробнее.

Золотоурановое оруденение в кристаллических породах фундамента приурочено к Эльконскому рудному узлу. Здесь выявлено большое количество ураноносных зон (Южная, Северная, Сохолоохская, Интересная, Фёдоровская, Звёздная и т.д.), и разведаны 22 урановых месторождения (Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006). Золотоурановое оруденение в породах фундамента приурочено к омоложенным в мезозое раннепротерозойским зонам северо-западного простирания (290-330°). Они маркированы протерозойскими метасоматитами кварц-ортоклаз-плагиоклазовой и кварц-альбит-микроклиновой формаций. Перечисленные домезозойские образования составляют так называемую «древнюю основу» рудоносных зон (Максимов, 2003). Эти высокотемпературные кварц-полевошпатовые метасоматиты пользуются широким распространением и образуют в нижнепротерозойских разломах протяжённые жилообразные и линзообразные тела. Они состоят в основном из микроклин-пертита (20-60%), кварца (15-50%), кислого плагиоклаза (10-40%) с небольшим количеством роговой обманки, биотита, пироксена, граната, магнетита и апатита. При относительной простоте минерального состава они отличаются весьма неустойчивыми количественными соотношениями полевых шпатов, кварца и большой изменчивостью внешнего облика, текстур и структур. В центральных частях кварц-полевошпатовых тел встречаются разности пегма-

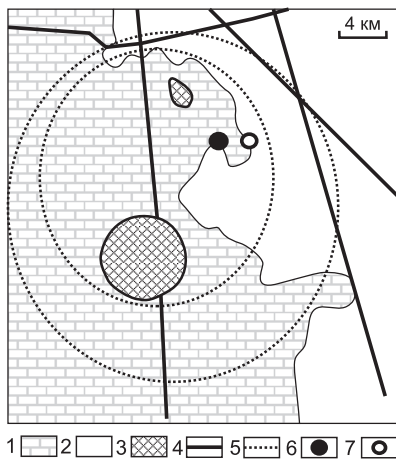


Рис. 1. Джеккондинская кольцевая структура второго порядка (Максимов и др., 2010). 1 – доломиты юдомской свиты венда; 2 – кристаллический фундамент; 3 – магматические породы алданского комплекса; 4 – крупные разломы; 5 – концентрические структуры; 6 – месторождение Подголецное; 7 – проявление Дорожное.

тоидного облика, состоящие на 60-90 % из гигантских кристаллов микроклина, крупных обособлений кварца и сростков биотита, роговой обманки, магнетита и ортита (Казанский, 1972).

Золоторудная минерализация связана, в основном, с пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами мезозойского возраста. На эти метасоматиты с тонкодисперсным золотом наложен минеральный комплекс пирит-браннеритовой стадии. Содержание золота в данных метасоматитах в среднем составляет 0.1-1.7 г/т. Отличаются повышенным содержанием золота руды зоны Фёдоровская (2-10 г/т), что вызвано наложением на золотоносные метасоматиты и браннеритовые швы послебраннеритовой ассоциации кварца и карбоната с самородным золотом, серебром и сульфидами серебра (Крупные и суперкрупные..., 2006). Считается, что золотоурановое оруденение района связано с глубокими мантийными магматическими очагами, а золоторудные объекты, в том числе богатые руды зоны Фёдоровская, со вторичными малоуглубинными магматическими очагами (Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006; Бойцов и др., 2006).

В кристаллических комплексах древнего фундамента промышленное золотое оруденение было известно лишь в пределах Эльконского горста, где оно парагенетически связано с урановыми рудами. Однако, в 2003-2006 гг. в пределах Джеккондинского рудного узла было открыто золоторудное месторождение Подголецное, в котором промышленные руды локализованы как в породах осадочного чехла, так и в архейских метаморфических комплексах (Рис. 1).

По особенностям минерального состава и характеру залегания в пределах месторождения Подголецное выделяется три типа рудных тел. Рудные тела первого типа представлены крутопадающими минерализованными зонами в катаклазированных гранито-гнейсах с наложенной среднетемпературной хлорит-серицит-кварцевой ассоциацией. Рудные тела второго типа, приуроченные к контакту пород фундамента и платформенного чехла, являются аналогами золотоносных залежей лебединского типа. Рудные тела третьего типа представлены субгоризонтальными залежами флюоритовых метасоматитов, развитых по кристаллическим породам фундамента. Открытие данного месторождения позволило говорить о золотоносном потенци-

але фундамента вне связи с урановым оруденением.

Во время проведения разведочных работ на восточном фланге месторождения Подголецное канавами была вскрыта крутопадающая минерализованная зона субширотного простирания, контролируемая тектоническим нарушением – рудопроявление Дорожное. В породах фундамента данная зона представлена кварц-полевошпатовыми метасоматитами, мощность которых достигает 15-20 метров, рудные интервалы, тяготеющие к центру зоны и достигающие 8 метров, характеризуются наложенными гидротермальными изменениями и средними содержаниями золота (2.6 г/т). В осадочном чехле зона проявляет себя окварцеванием доломитов и гидротермальным изменением силла минетт. Ни по минеральному составу, ни по структурной позиции данная минерализация не соответствуют ранее выделенным на месторождении Подголецное типам руд и, скорее всего, представляет новый самостоятельный природный тип.

Породы фундамента, представленные гранитогнейсами Фёдоровской серии, сложены микроклином, плагиоклазом (андезином), кварцем, амфиболом (роговой обманкой) и биотитом. В плагиоклазе на контактах с микроклином наблюдаются многочисленные мирмекитовые вроски. По амфиболу и биотиту развит хлорит. Для микроклина характерна пелитизация, а для андезина – серицитизация и развитие эпидота. Акцессорные минералы представлены магнетитом, цирконом, апатитом, гранатом. Развитые по гранитогнейсам кварц-полевошпатовые метасоматиты характеризуются сильной вариацией количественных соотношений кварца (10-35 %), решётчатого микроклина (30-65 %) и альбита (5-35 %). Также в породе присутствует роговая обманка, биотит и пироксен, часто замещённые хлоритом. Исходя из минерального состава и приуроченности только к породам фундамента, описанные выше образования можно отнести к выделенным в Алданском районе протерозойским метасоматитам кварц-альбит-микроклиновой формации (Максимов, 2003).

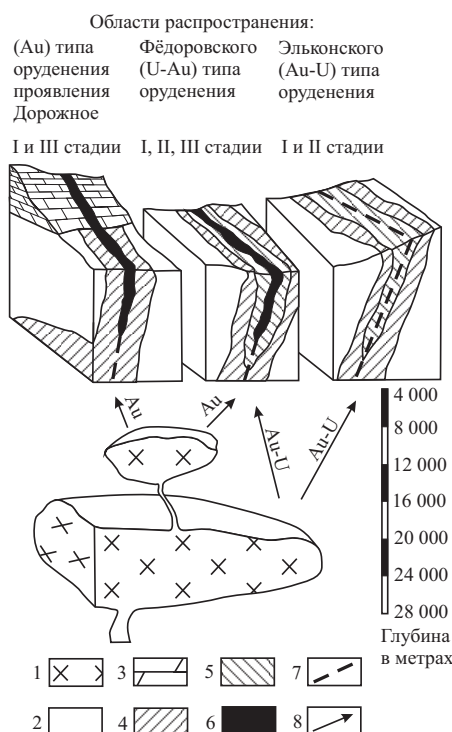


Рис. 2. Геолого-генетическая модель формирования проявления Дорожное и его связь с комплексными золотоурановыми месторождениями Эльконского горста. За основу взяты данные (Абрамов, 1995; Бойцов и др., 2006, Терехов, 2012): 1 – ярусная система магматических очагов; 2 – породы кристаллического фундамента; 3 – карбонатные породы осадочного чехла; 4 – протерозойские кварц-полевошпатовые метасоматиты (I стадия); 5 – мезозойские пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (II стадия); 6 – золотоносные сульфидно-кварцевая и сульфидно-кварц-карбонатная ассоциации (III стадия); 7 – разрывные нарушения; 8 – пути движения рудоносных растворов.

Элементы модели	Месторождение
1. Литологические 1.1 Рудовмещающие образования	Архейские породы кристаллического фундамента: гранитогнейсы фёдоровской серии, гнейсы и кристаллосланцы нимырьской свиты, верхнеалданской серии.
2. Структурные Рудоносные структуры Рудоконтролирующие структуры	Области влияния магматических систем второго порядка Омоложенные в мезозое разломы древнего заложения
3. Метасоматические	Протерозойские метасоматиты кварц-альбит-микроклиновой и кварц-ортоклаз-плаггиоклазовой формаций, трассирующие главные рудоконтролирующие структуры. Окварцевание пород кристаллического фундамента и осадочного чехла.
4. Геохимические	Отчётливая калиевая специализация кварц-полевошпатовых метасоматитов

Табл. 1. Прогнозно-поисковая модель на тип оруденения проявления Дорожное.

Центральная часть зоны кварц-полевошпатовых метасоматитов катаклазирована. Все минералы имеют признаки воздействия динамического метаморфизма, выраженные у плаггиоклазов в изгибании границ субиндивидов полисинтетических двойников, у микроклина – в искажении пертитовой решётки, у кварца – в наличии облачного и блокового погасания. Часто минералы разрушены и отчасти перетёрты. В трещинах между обломками минералов активно развивается пирит, который часто окислен и замещён гидроксидами железа, что придаёт породе красно-буроватый оттенок, и реже галенит. Повышенные содержания рудных минералов (до 15 %) приурочены к местам окварцевания катаклазитов. Более поздние безрудные кварцевые прожилки наложены на описанные выше катаклазированные гидротермально-метасоматические образования. Развитие по восстанию рудной минерализации в породы осадочного чехла и силлы минетт мезозойского возраста позволяет связывать ее с процессами мезозойской тектоно-магматической активизации.

Охарактеризованная зона имеет ряд общих признаков с проявлениями золото-урановой минерализации. Основной из них – приуроченность к омоложенному разлому протерозойского заложения, трассируемому высокотемпературными протерозойскими кварц-полевошпатовыми метасоматитами. Также, выделенный нами сульфидно-кварцевый парагенезис аналогичен, по нашему мнению, золотоносной послепаннеритовой сульфидно-кварц-карбонатной ассоциации зоны Фёдоровская. Однако, есть и существенные различия. Главное – это отсутствие характерных для золото-урановых проявлений в породах фундамента пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов.

Анализ полученных нами данных и существующих геолого-генетических моделей комплексного золотоуранового оруденения центрально-алданского района (Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006; Терехов, 2012) позволяет выделить три стадии его формирования, пространственно-временные взаимоотношения которых показаны на рисунке 2.

**I стадия.** Формирование разломов глубинного заложения и развитие кварц-полевошпатовых метасоматитов в период раннепротерозойской тектоно-магматической активизации.

**II стадия.** Омоложение зон раннепротерозойского заложения и формирование пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, несущих пирит-бранеритовое оруденение во время мезозойской тектоно-магматической активизации.

**III стадия.** Формирование золото-кварцевого и золо-

то-карбонат-кварцевого гидротермального оруденения, наложенного на более ранние метасоматические образования, на завершающем этапе мезозойской тектоно-магматической активизации.

Соотношение минерализации отдельных стадий может существенно различаться на конкретных объектах. В пределах месторождений эльконского золото-уранового типа проявили себя первые две стадии. На характеризуемом в данной работе проявлении Дорожное можно выделить первую и третью стадии. Фёдоровский тип характеризуется проявлением всех трёх стадий. Описанное нами проявление, вероятно, является членом латеральной зональности, которая в кристаллическом фундаменте выражается сменой Эльконского золото-уранового типа Фёдоровским уран-золотым и далее золоторудным типом, проявленным в пределах восточного фланга месторождения Подголецное. Данная зональность довольно хорошо объясняется моделью, которой придерживаются многие из исследователей рудных месторождений района (Абрамов, 1995; Бойцов и др., 2006; Терехов, 2012). Она подразумевает связь золотоуранового оруденения с глубокими мантийными магматическими очагами, а золотого оруденения, в том числе повышенных содержаний золота в рудах зоны Фёдоровской, со вторичными малоглубинными очагами.

Структурно-генетический анализ проявления золоторудной минерализации в породах фундамента позволяет разработать прогнозно-поисковую модель, которая для оруденения проявления Дорожное представлена в таблице 1.

Золотоносность кристаллического фундамента Центрально-Алданского района, за исключением золотоурановой минерализации Эльконского горста, изучена очень слабо. Открытие месторождения Подголецное и выявление в его пределах новых для района природных типов руд позволило расширить представления о рудоносности пород фундамента. Предложенные в настоящей работе геолого-генетическая и прогнозно-поисковая модели в условиях слабой изученности и высокого золотоносного потенциала кристаллического фундамента Центрально-Алданского рудного района могут стать основой для более эффективного планирования и осуществления поисково-оценочных работ на новый перспективный геолого-промышленный тип золотого оруденения.

## Литература

Абрамов В.А. Глубинное строение Центрально-Алданского района. Владивосток: Дальнаука. 1995. 180 с.

Бойцов В.Е. Пилипенко Г.Н. Дорожкина Л.А. Модель формирования комплексных золотоурановых месторождений Централь-

но-Алданского рудного района. *Изв. ВУЗов. Геология и разведка*. 2006. № 2. С. 23-31.

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.

Казанский В.И. Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. М.: Недра. 1972. 240 с.

Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Т. 2. *Стратегические виды рудного сырья*. М.: ИГЕМ РАН. 2006. 672 с.

Максимов Е.П. Мезозойские рудоносные магматогенные системы Алдано-Станового щита: *дис. докт. геол.-мин. наук*. Якутск 2003. 385 с.

Максимов Е.П., Уютов В.И., Никитин В.М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия). *Тихоокеанская геология*. 2010. Т. 29. № 2. С. 3-26.

Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия): *Афтореф. дис. канд. геол.-мин. наук*. Санкт-Петербург. 2012.

## Сведения об авторах

*Василий Иванович Леонтьев* – аспирант кафедры ГРМПИ Национального минерально-сырьевого университета «Горный»

199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2. Тел: (921) 897 55 71.

*Андрей Николаевич Власов* – главный геолог

ОАО «Селигдар»

678900, Республика Саха (Якутия), г. Алдан, 26 Пикет, 12. Тел: (41145) 35-3-00.

*Сергей Юрьевич Степанов* – студент Национального минерально-сырьевого университета «Горный»

199406, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, ул. Наличная, д. 46, корп. 2, к. 87.

## New Forecast and Search Model of Gold Mineralization of the Central Aldan Ore Area (Southern Yakutia)

*V.I. Leontev, A.N. Vlasov, S.Yu. Stepanov*

<sup>1</sup>National University of Mineral Resources (the University of Mines), Saint-Petersburg, Russia,

<sup>2</sup>JSC «Seligdar», Aldan, Russia

E-mail: leontyev@spmi.ru

**Abstract.** Dorozhny ore occurrence was revealed in the crystalline basement of the Central Aldan ore area, gold mineralization of which allows us to take it to a new type of mineralization for the Central Aldan. Conducted mineralogical and petrographic research and analysis of the structural position have determined the characteristics of this mineralization formation and space-time relations with gold-uranium deposits of Elkon type. Gold ore occurrence is confined to the fault of Proterozoic deposit revived by Mesozoic tectonic-magmatic activation; its steeply dipping zone is traced by high-temperature quartz-feldspar metasomatic rocks of Proterozoic age. Mesozoic activation is developed as fragmentation zone overlaid with gold-sulphide-quartz mineralization. This development has similarities with typical for the region gold-uranium mineralization, but differs by the absence of pyrite-carbonate-K-feldspar metasomatic rocks associated with uranium mineralization in the basement rocks. Thus, on a regional scale lateral zone is developed - with the change in the crystalline basement of gold-uranium ore of Elkon type by uranium-gold mineralization of Fedorovsky type, and further actual gold mineralization in Dorozhny ore occurrence. On this basis the proposed predictive retrieval model, with little knowledge and high gold bearing potential of the region's crystalline rocks, can serve as a guide in the design of forecast and search model and assessment works.

**Keywords:** gold, metasomatic rocks, Podgolechny field, mineralization of Elkon type, Southern Yakutia.

### References

Abramov V.A. Glubinnoe stroenie Tsentral'no-Aldanskogo rayona [Deep structure of the Central Aldan region]. Vladivostok: «Dalnauka» Publ. 1995. 180 p.

Boytsov V.E. Pilipenko G.N. Dorozhkina L.A. Model' formirovaniya kompleksnykh zolotouranovykh mestorozhdeniy

Tsentral'no-Aldanskogo rudnogo rayona [Formation model of the complex gold and uranium deposits of the Central Aldan ore region]. *Izv. VUZov. Geologiya i razvedka* [News of the Institutions of Higher Learning. Geology and Prospecting]. 2006. N 2. Pp. 23-31.

Vetluzhskikh V.G., Kazanskiy V.I., Kochetkov A.Ya., Yanovskiy V.M. Zolotorudnye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana [Gold and ore deposits of the Central Aldan]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits]. 2002. Vol. 44. N 6. Pp. 467-499.

Kazanskiy V.I. Rudonosnye tektonicheskie struktury aktivizirovannykh oblastey [Ore-bearing tectonic structures of activated areas]. Moscow: «Nedra» Publ. 1972. 240 p.

Krupnye i superkrupnye mestorozhdeniya rudnykh poleznykh iskopaemykh [Large and Superlarge deposits of ore minerals]. Vol. 2. *Strategicheskie vidy rudnogo syr'ya* [Strategic types of crude ore]. Moscow: «IGEM RAN». 2006. 672 p.

Maksimov E.P. Mezozoyские рудоносные магматогенные системы Алдано-Станового щита [Mesozoic ore-bearing magmatogene system of the Aldan-Stanovoy Shield]. *Diss. dokt. geol.-min. nauk*. [Dr. geol. and min. sci. diss.]. Yakutsk. 2003. 385 p.

Maksimov E.P., Uytov V.I., Nikitin V.M. Tsentral'no-Aldanskaya zoloto-uranovorudnaya magmatogennaya sistema (Aldano-Stanovoy schit, Rossiya) [Central Aldan gold-uranium ore magmatogenic system (Aldan-Stanovoy shield, Russia)]. *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific Geology]. 2010. Vol. 29. N 2. Pp. 3-26.

Terekhov A.V. Rudonosnost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy El'konskogo zoloto-uranovorudnogo uzla (Yuzhnaya Yakutiya): Avtoref. Diss. kand. geol.-min. nauk [Ore-bearing of hydrothermal-metasomatic formations of the Elkon uranium ore gold node (Southern Yakutia): Abstract Cand. geol. and min. sci. diss.]. Saint-Petersburg. 2012.

### Information about authors

*Vasilii Leontev* – Ph.D. student of the University of Mines  
*Sergey Stepanov* – student of the University of Mines  
199106, Saint-Petersburg, Vasil'evskiy ostrov, 21 liniya, 2.  
Tel: (921) 897 55 71.

*Andrey Vlasov* – Chief Geologist, JSC «Seligdar»  
678900, Sakha Republic (Yakutiya), Aldan, 26 Piket, 12.  
Tel: (41145) 35-3-00.