

ных направлений, основанной на сетевом информационном взаимодействии образовательных, научных организаций и бизнеса с применением «облачных» технологий, технологий «блокчейн»;

- выявление, начиная со школы, талантливой молодежи, и привлечение ее в сферу геологии и развития минерально-сырьевого комплекса страны;
- внедрение программ развития высококвалифицированных молодых научно-педагогических работников.

Основным отличительным признаком выделяемых стратегических приоритетов является обоснование новых передовых средств, технологий, способных обеспечить приоритет университета в образовательной, научной сфере и качественно улучшить выполнение задач развития университета.

УДК 553.495(571.56)

ЗОЛОТОУРАНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРУПНОГО ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ОЖИДАЮТ ОСВОЕНИЯ

Г. Н. ПИЛИПЕНКО, доцент, канд. геол.-минерал. наук

А. А. ВЕРЧЕБА, директор Института геологии минеральных ресурсов, проф., д-р геол.-минерал. наук, aa_ver@mail.ru

А. В. ПЕТРОВ, проф., д-р геол.-минерал. наук

Г. В. ДЕДУРА, проф., д-р геол.-минерал. наук

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

Введение

Для устойчивого обеспечения энергетической отрасли качественным урановым сырьем в долгосрочной перспективе необходимо сохранить ресурсный потенциал ведущих мировых типов месторождений, разработка которых определяет тенденции развития рынка уранового сырья на ближайшие десятилетия [1–4]. Согласно мировым аналитикам, производство урана на действующих мировых уранодобывающих предприятиях будет снижаться, и новые урановые рудники должны обеспечить воспроизводство урана [5].

Дорожной картой развития мировой ядерной энергетики предусмотрено, что добыча урана к 2030 г. возрастет до 80 тыс. т при современном уровне добычи около 62 тыс. т урана [6, 7]. Рост производства урана возможен за счет добычи первичного природного урана на новых добывающих предприятиях. В этом случае особый интерес для промышленности представляют подготовленные к эксплуатации крупнотоннажные месторождения урана и комплексных урановых руд. Поэтому задача обеспечения темпов роста добычи урана в России весьма актуальна для развития энергетики и обеспечения сырьевой безопасности страны.

В России имеются возможности своевременно ввести новые производственные мощности по добыче урана, особенно в центрах экономического роста и горнорудных районах с развитой инфраструктурой [6, 8]. К ним относится Эльконский ураново-

При этом следует иметь в виду, что развитие современного геологического образования и науки будет более эффективно в условиях инновационной цифровой профессиональной среды; геологическая деятельность является исследовательской по существу и предполагает подготовку специалистов-геологов как исследователей, обладающих важными профессионально значимыми личностными качествами.

В заключение необходимо отметить, что реализация поставленных целей и стратегических задач позволит университету и далее занимать лидирующую позицию в подготовке кадров для геологической отрасли, позиционироваться как крупнейший научно-образовательный центр. [ГЖ](#)

Проведенные геолого-геофизические и минералого-технологические исследования подтвердили высокий ресурсный потенциал месторождений Эльконского урановорудного района и возможность их промышленного освоения. Оно может начаться при совершенствовании системы вскрытия месторождений и внедрении инновационной технологии переработки комплексных золотоурановых руд.

Ключевые слова: Эльконский рудный район, уран, золотоурановые месторождения, запасы урана, система вскрытия месторождения, технология переработки руд.

DOI: 10.17580/gzh.2018.11.01

рудный район, расположенный в Центральном Алдане Республики Саха (Якутия) [9]. Открытие и крупномасштабная геологическая разведка крупнейших в России золотоурановых месторождений этого района были одним из важных достижений геологической службы СССР и России.

МАГАТЭ оценивает российские ресурсы урана (Reasonably Assured Resources + Inferred Resources Recoverable) в 507,8 тыс. т [5]. По этому показателю Россия занимает четвертое место в мире, уступая Казахстану, Австралии и Канаде. Это позволяет считать, что Россия обладает надежной сырьевой базой урана [10].

Результаты исследований

Эльконский урановорудный район отличается сложной металлогенией. Здесь, кроме урана, сосредоточены запасы золота, железных руд, апатита, пьезосырья, флогопита, флюорита, платины, молибдена и других полезных ископаемых [11, 12]. По оценкам мирового минерально-сырьевого потенциала урановых объектов, месторождения Эльконского района уверенно занимают второе место в мире после уникального месторождения Олимпик-Дэм в Австралии [13].

Крупнотоннажные золотоурановые месторождения Эльконского рудного района составляют основу минерально-сырьевой базы урана не только Южной Якутии, но и всей России. Здесь в метаморфических породах фундамента и многочисленных, в том числе активизированных в мезозойское время крупных тектонических зонах протерозойского заложения, было выявлено несколько сотен урановых зон, из которых в 13 зонах были проведены геологоразведочные работы (рис. 1).

В результате проведения геологоразведочных работ выявлено, что в Эльконском урановорудном районе заключено 53 % российских запасов урана, которые сосредоточены в рудоносной зоне «Южная». Геологоразведочные работы выполнены специалистами Приленской экспедиции в 1962–1984 гг., включая горные работы в объеме проходки 60 км подземных горных выработок, бурения более 1 млн м скважин глубиной до 2 км, проведения 1,3 млн м³ поверхностных горных выработок и др.

Интерпретационную обработку результатов проведенных геофизических наблюдений осуществляли с использованием компьютерной технологии статистического и спектрально-корреляционного анализа данных «КОСКАД-3Д». Эта технология позволяет получить оценки статистических и градиентных характеристик геофизических полей, провести фильтрацию исходных полей с целью исключения помех и для разложения полей на составляющие, выделить слабые, соизмеримые с уровнем помех аномалии и провести районирование по комплексу геофизических полей и их атрибутов на основе методов кластер-анализа.

Результаты обработки данных гравиразведки и магниторазведки с использованием технологии «КОСКАД-3Д» подтвердили предположение о простираии зоны в северо-западном направлении и ее погружении. Полученные оценки статистических атрибутов магнитного и гравитационного полей, оценки объемного распределения индуцирующих источников на основе оригинальной технологии магнитной и плотностной геотомографии позволили скорректировать положение рудоносной зоны «Южная» в пространстве и подчеркнуть уникальность ее строения [14].

На основании современных компьютерных технологий, результатов построения блочной модели рудного объекта в программе Micromine и пересчета ресурсов урана рудоносной зоны «Южная» в соответствии с кодексом JORC в 2012 г. оценка запасов составила 230 тыс. т урана со средним содержанием его в руде 0,143 %. На месторождениях рудоносной зоны «Южная» выявлено также около 200 т золота, 2500 т серебра, что соответствует результатам подсчета запасов урана, утвержденных в ГКЗ в 1982 г.

Однако месторождения Эльконского урановорудного района были переведены в разряд резервных. Это объясняется тогдашними низкими ценами на уран и высокой, ранее рассчитанной стоимостной категорией разведанных запасов в 130–160 долл. США/т, предполагаемой по проведенным технико-экономическим расчетам [13].

Крупные инфраструктурные изменения района произошли недавно в районе в связи с вводом в эксплуатацию расположенной в 30 км железнодорожной магистрали Нерюнгри – Алдан – Томмот. Это позволяет провести геолого-экономическую переоценку месторождений Эльконского рудного района, так как

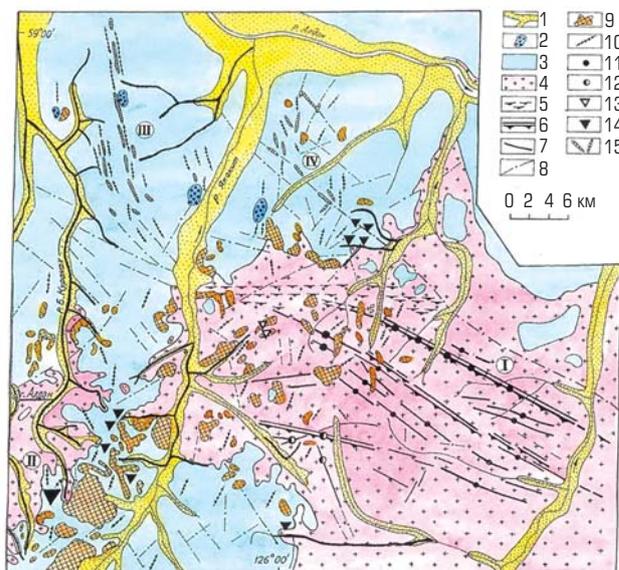


Рис. 1. Геологическая карта урановорудных районов Центрального Алдана:

- 1 – аллювиальные отложения; 2 – нижнеюрские песчаники;
- 3 – венд-нижнекембрийские карбонатные отложения чехла;
- 4 – архейские гнейсы, граниты, кристаллические сланцы фундамента; 5 – древние зоны бластомилонитовых швов;
- 6 – омоложенные рудоносные зоны древнего заложения;
- 7 – мезозойские рудоносные зоны; 8 – разрывные нарушения;
- 9 – мезозойские щелочные порфиоровые интрузивы;
- 10 – мезозойские щелочные дайки; 11 – золотобраннеритовое оруденение;
- 12 – браннерит-серебросоловое оруденение;
- 13 – золотопорфиоровое оруденение; 14 – золоторудные залежи Лебединского месторождения;
- 15 – золоторудные карстовые залежи месторождения Куранах.

Урановорудные районы: I – Эльконский; II – Лебединский; III – Куранахский; IV – Нижне-Якоkitский

после 2020 г. планируется подготовка к эксплуатации золотоурановых месторождений предприятием ЗАО «Эльконский горно-металлургический комбинат» (ЭГМК).

Соавторами данной статьи предложены инженерные геологические и технологические решения, которые могут привести к снижению себестоимости товарной продукции, что позволит перевести руды основных месторождений Эльконского урановорудного района в разряд рентабельных [15]. Их освоение в 2020–2030-е годы позволит в долгосрочной перспективе существенно увеличить добычу урана в России.

Предпроектными исследованиями условий освоения месторождений рудного района установлено плановое производство урана на ЭГМК до 5000 т в год и с попутной добычей золота, серебра, а также молибдена и ванадия. Проводимые исследования качества золотоуранового оруденения и тесты сосредоточились на оптимизации капитальных затрат и современном высокотехнологичном производстве. Испытания технологических свойств комплексных руд с применением геотехнологических методов продолжается для снижения себестоимости товарной продукции. Строи-

тельство крупнейшего ЭГМК с высокой производительностью добычи урана может существенно повлиять на надежное обеспечение российской промышленности собственным урановым сырьем.

Планируемая производительность Эльконского проекта по урану делает его крупнейшим уранодобывающим активом на территории России. Эльконский проект имеет одну из самых больших длительностей срока разработки месторождения среди подобных проектов – около 60 лет [16].

Исследование строения рудовмещающих зон уточнило представления о пространственном положении золотоуранового оруденения Эльконского горста и сложную морфологию комплексного оруденения. Структура месторождений рудоносной зоны «Южная» определяется положением крупных кулисообразных рудных залежей, залегающих внутри золотоносных пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов формации эльконитов, на которые наложены многочисленные маломощные урановорудные швы микробрекчий, имевших исходный браннеритовый состав [15].

Выяснение морфологии оруденения зоны «Южная» стало возможным после детального анализа распределения урана, проведенного геологами Приленской экспедиции В. П. Грязновым, Ю. В. Ракитиным и др. под руководством группы экспертов Московского геологоразведочного института (МГРИ) А. Б. Каждана, М. В. Шумилина, В. А. Викентьева и с непосредственным участием научно-исследовательского коллектива института.

Были разработаны разведочные кондиции, учитывающие сложную локализацию урановой минерализации и позволившие выявить оптимальные по 20-километровой протяженности и внутренней сплошности рудные залежи, по которым был проведен и утвержден в ГКЗ подсчет запасов. В девять залежей объединено разное число сближенных ураноносных швов (от двух до 14) и рассчитаны средние содержания урана, золота и серебра. Обоснованы значительные мощности таких залежей (в среднем около 5 м и до 16,5 м), позволившие проследить их по простирающую зону на протяженности от 650 до 5400 м [11].

Это важно в связи с предлагаемой сплошной разработкой этих залежей с последующим стадийным радиометрическим обогащением руды и выделением ее сортов, предназначенных для разной очередности их введения в переработку. Мощность тел сплошных золотоносных метасоматитов, преимущественно вмещающих урановое оруденение зоны «Южной», в среднем составляет около 2 м. Однако среднее содержание урана в их рудах низкое, около 0,15 %, тогда как к богатым рудам относятся урановые руды с содержанием урана более 1 %. Среднее содержание золота в контуре урановорудных тел около 1,5 г/т, серебра 6–13 г/т (в среднем 10 г/т).

При бортовом содержании урана 0,04–0,05 % установлена выдержанность и сплошность оруденения в рудоносной зоне «Южная». В настоящее время подтверждены данные о возможности успешного радиометрического обогащения этих руд, в процессе которого содержания попутных золота и серебра в урановых концентратах не только не убывают, а возрастают в среднем на 10 %. Это является дополнительным свидетельством тесной связи урана и золота в комплексных рудах.

С учетом установленных закономерностей строения месторождений рудоносной зоны «Южная» и особенностей мине-

рального и химического состава комплексного золотоуранового оруденения следует актуализировать проект разработки месторождений и переработки комплексных золотоурановых руд.

Одной из главных особенностей строения рудоносной зоны «Южная» является преимущественно глубокое залегание основного золотоуранового оруденения, поэтому система его вскрытия и отработки имеет большое, в том числе экономическое значение [10, 16]. Авторами статьи предложена подземная технология отработки зоны «Южная» со вскрытием оруденения, предусматривающим, вместо проектируемых ранее восьми вертикальных шахтных стволов (глубиной более 1 км каждого), проходку наклонной горной выработки большого сечения, пригодной для двустороннего автотранспортного движения (рис. 2).

Углубление наклонного шахтного ствола на юго-восток позволит с ее помощью перейти к разработке других месторождений зоны «Южная», в том числе их глубокозалегающих крупнейших рудных залежей [17]. Логистика будет обеспечена оптимизацией углов наклона транспортного тоннеля путем азимутального изменения его направления. При углублении наклонного тоннеля и развития горизонтальных эксплуатационных горных выработок (квершлагов) можно осуществлять совместную многоуровневую разработку руды месторождений зоны «Южная».

Северо-западный фланг зоны «Южная» является оптимальным для первоочередного вскрытия месторождения в связи с тем, что оруденение расположено сравнительно неглубоко, на этом участке пройдена разведочная штольня длиной более 1 км, которая вскрывает руду с повышенным содержанием урана, пригодную для промышленного технологического опробования.

Изучение состава рудовмещающих пород показало присутствие крупных древних подновленных тектонических зон и новых собственно мезозойских зон, сложенных золотоносными метасоматитами, образующими отдельные системы кулисообразных прожилково-вкрапленных и микробрекчиевых рудных тел. Они сложены тонкозернистым агрегатом, состоящим преимущественно из калиевого полевого шпата, карбонатов и пирита, в том числе и тонкозернистого пирита – мельниковита (5–15 %),

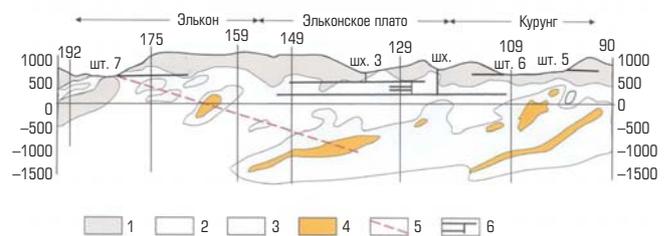


Рис. 2. Продольный разрез по западной части зоны «Южная» с данными о продуктивности уранового оруденения, положении рудных столбов и возможном вскрытии и транспортировании руд глубоким уклоном:

- 1 – золотоносные метасоматиты вне контура уранового оруденения;
- 2 – урановое оруденение низкой продуктивности;
- 3 – урановое оруденение средней продуктивности;
- 4 – урановое оруденение высокой продуктивности, рудные столбы;
- 5 – возможное положение транспортного уклона;
- 6 – подземные горные выработки.

придающего им темную окраску. Этот тонкозернистый пирит содержит около 80 г/т золота, что в основном и определяет золотонность метасоматических пород. В них наблюдается совмещенная наибольшая концентрация как урана, так и золота.

В результате полного замещения вмещающих пород во внутренней части зоны метасоматоза образованы плотные темные тонкозернистые золотоносные метасоматиты, состоящие из бурого калиевого полевого шпата и прозрачного адуляра (40–60 %), карбонатов (15–45 %) и пиритов (5–15 %), находящихся в тесном сростании. Они отнесены авторами к метасоматической формации эльконитов [15]. Основная часть золота и серебра, присутствующего в рудоносных зонах, связана с метасоматитами и заключена в пиритах, находясь в них в субмикроскопическом виде. При относительно низкой цене урана доля стоимости извлекаемых из руды золота и серебра составляет менее 20 % стоимости всех извлекаемых металлов, что подтверждает отнесение благородных металлов к категории попутных компонентов и позволяет их учитывать в контуре уранового оруденения [18]. В кальцитовых микропрожилках этой завершающей стадии, не содержащей пирита, в нескольких шлифах были выявлены мелкие выделения свободного самородного золота.

Совместно с ООО «Системы для микроскопии и анализа (ООО «СМА»)» проведены современные исследования вещественного состава руд электронно-ионным и рентгеновскими методами. В результате исследований установлено, что золото находится не только в тонкозернистом скрытокристаллическом метасоматическом черном пирите-мельниковите золотоносных карбонат-калишпатовых метасоматитов, откуда оно хорошо извлекается в сульфидный флотационный концентрат, но также присутствует в карбонатах, находящихся в составе эльконитов, образуя в них субмикроскопические самородные выделения (рис. 3).

Исследования минерального состава рудносных метасоматитов и комплексного золотоуранового оруденения предопределило необходимость пересмотра технологической схемы извлечения из руды ценных компонентов, так как существующая технологическая схема переработки руд не учитывала существенную особенность урановой минерализации [15, 17].

Эта особенность состоит в том, что по новым данным изучения технологических свойств руды рудоносной зоны «Южная» в составе урановой минерализации доля первичного реликтового браннерита не превышает 10–15 %. Основная же часть урановой минерализации промышленных руд представлена продуктами эндогенного разложения браннерита, сложными микробрекчией серо-зеленого браннерита. Микробрекчией представляют собой в основном тонко агрегатированные выделения оксидов урана и титана. Исходя из этого факта, следует принять новый путь совершенствования эффективности технологической схемы переработки комплексных золотоурановых руд. В основу этой схемы должно быть положено проведение в начале процесса переработки руд ее комплексной золото-пирит-браннеритовой или последовательных золотопиритовой и браннеритовой флотации. В ходе этих процессов из всего объема перерабатываемой руды будет отделена подчиненная по объему ее часть (15 %), т. е. урановая минерализация, в которой находится реликтовый

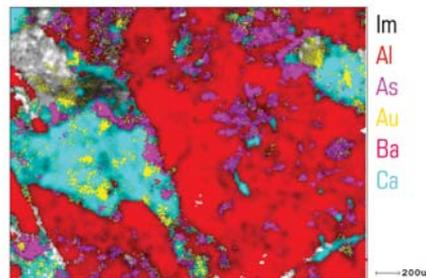


Рис. 3. Карта распределения элементов по данным микрофотографии в золотоносных метасоматитах-эльконитах (золото показано желтым цветом)

упорный первичный браннерит. После флотационного разделения дальнейшая переработка руды и извлечение урана, золота и серебра будет проводиться отдельно из концентратов флотации и ее хвостов, представляющих основную часть – более 85 % объема перерабатываемой руды. При этом лишенный упорного первичного браннерита и содержащий только продукты его эндогенного разложения основной поток руды потребует для вскрытия и растворения урана существенно более низкого расхода серной кислоты, а возможно, даже будет пригоден для более рентабельного содового процесса выщелачивания урана.

Следует отметить еще одну особенность золотоуранового оруденения, повышающую возможность освоения этих уникальных месторождений. Как указано выше, мощность весьма выдержанных золотоносных метасоматических пород – эльконитов в месторождениях зоны «Южная» практически всегда значительно превышает мощность залегающих внутри них кондиционных золотоурановых тел, пригодных для сплошной выемки. Поэтому в дальнейшем извлекаемая из горных выработок отсортированная при вагонеточной первичной радиометрической сепарации некондиционная по урану горная масса может в перспективе представлять промышленный интерес благодаря достаточно значительному содержанию в ней золота.

По ранее полученным авторами данным обработки результатов всех проведенных геологоразведочных работ содержание золота будет составлять около 1 г/т в мощной золотоносной зоне метасоматитов как внутри залегающих в ней комплексных золотоурановых тел, так и в прилегающих к ним частях зоны, добываемая горная масса которых будет находиться в отвалах забалансовых руд. При проектируемых весьма крупных объемах добычи руды количество попутно добываемой золотоносной горной массы будет существенным.

Важно отметить, что геоэкологические исследования влияния на природную среду рудной массы крупных отвалов, образованных в результате проходки более 20 км подземных горных выработок, не показало существенного радиационного загрязнения поверхности территории и поверхностных водотоков. Это означает, что урановая руда, сложенная плотными тонкозернистыми метасоматитами, находящаяся на поверхности земли более 40 лет, весьма устойчива к процессам химического выветривания. Данными фактами может быть обоснована возможность сплошной (не селективной) разработки урановорудных залежей с последующим радиометрическим обогащением руды и получением клас-

сов концентратов с разным содержанием урана и возможностью их складирования на поверхности с поэтапным введением в переработку. Переработка более богатой руды из складов на начальной стадии работы ЭГМК позволит обеспечить быструю окупаемость инвестиций в проект освоения месторождений.

Вышперечисленные предложения могут существенно повысить эффективность разработки Эльконских месторождений и комплексной переработки руд, значительно снизить себестоимость получаемой продукции и перевести запасы этих руд в активные, рентабельно извлекаемые.

Заключение

Освоение урановых месторождений Эльконского рудного района Южной Якутии – важное звено в реализации государственной программы по укреплению минерально-сырьевой базы урана России и динамичному социально-экономическому развитию экономики восточных районов страны.

Строительство Эльконского горно-металлургического комбината является важной частью проекта комплексного развития Южной Якутии на основе создания нового крупного промышленного района на базе объектов гидроэнергетики, тепловой энергетики, транспортной инфраструктуры и кластера промышленных производств. Необходимо совершенствовать технологическую схему переработки комплексных золотоурановых руд после их радиометрической сортировки. Следует применить комплексную золотосульфидно-браннеритовую флотацию с учетом благоприятных геотехнологических особенностей руды, в основном состоящей из микробрекчиевой минерализации, на долю которой приходится 80–85 % минеральной массы.

При разработке месторождений следует учитывать объемы лежалых отвалов и образуемой после радиометрической сортировки отвальной части добываемой горной массы, содержащей около 1 г/т золота. Это позволит рассматривать отвалы как потенциальные техногенные объекты золота.

Библиографический список

- Marsland-Smith A. Operational update – Frome Basin Uranium Production // Proceedings of the 7th Annual Mining South Australia Conference. – Whyalla, 2013. – 30 p.
- Morozov A., Litvinenko V. Development of the heap leaching of low-grade uranium ores for conditions of OJSC Priargunsky Mining and Chemical plant (PPGKhO) // Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014). – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. P. 178.
- Gandhi S. M., Sarkar B. C. Essentials of Mineral Exploration and Evaluation. – Amsterdam : Elsevier, 2016. – 406 p.
- Early Days at PLS // 121 Mining Investment Conference. – Hong Kong : Fission Uranium Corp., 2017. – 20 p.
- Uranium 2016: Resources, Production and Demand : A Joint Report by the NEA and IAEA. – OECD, 2016. – 550 p.
- Живов В. Л., Бойцов В. Е., Шумилин М. В. Уран: геология, добыча, экономика. – М. : Атомредметзолото, 2012. – 301 с.
- The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2017–2035. World Nuclear Association, 2017.
- Машковцев Г. А., Константинов А. К., Мизута А. К., Шумилин М. В., Щеточкин В. Н. Уран российских недр. – М. : ВИМС, 2010. – 850 с.
- Ковалев Л. Н., Буркова Н. В., Сычевский А. В., Кузнецов В. В. Минерально-сырьевые ресурсы Республики Саха (Якутия) // Горный журнал. 2016. № 7. С. 83–88. DOI: 10.17580/gzh.2016.07.18
- Святецкий В. С., Полонякина С. В., Ермаков А. Г. Уранодобывающая отрасль России: состояние и перспективы развития // Разведка и охрана недр. 2017. № 11. С. 22–26.
- Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н., Дорожкина Л. А. Золоторудные и золотоурановые месторождения Центрального Алдана // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. – М. : ИГЕМ РАН, 2006. Т. 2. Стратегические виды рудного сырья. С. 215–240.
- Голева Р. В. Об экологическом сопровождении проекта строительства Эльконского ГМК // Рациональное освоение недр. 2011. № 1. С. 61–65.
- Тарханов А. В., Бугриева Е. П. Значимость и перспективы геолого-промышленных типов урановых месторождений. – М. : ВИМС, 2017. – 106 с.
- Демура Г. В., Зиновкин С. В., Петров А. В. Способ экспрессной геомагнитной и плотностной томографии недр при оценке запасов рудопроявлений черных и цветных металлов // Недропользование-XXI век. 2018. № 2. С. 43–50.
- Пилипенко Г. Н., Верчеба А. А. Актуальные направления дальнейшего изучения оруденения Эльконского рудного узла (Центральный Алданский рудный район) // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М. : ВИМС, 2012. № 158. С. 38–51.
- Мизута А. К. Урановые месторождения Эльконского рудного района на Алданском щите // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43. № 2. С. 129–151.
- Пилипенко Г. Н., Верчеба А. А. Комплекс инновационных решений, обеспечивающих эффективное освоение крупнейших золотоурановых месторождений Эльконского района (Якутия) // Уран: геология, ресурсы, производство : сб. тр. III Междунар. симпозиума. – М. : ВИМС, 2013. С. 218–235.
- Ларичкин Ф. Д., Войтеховский Ю. Л., Воробьев А. Г., Гончарова Л. И. Особенности обоснования параметров кондиций рентабельного извлечения ценных редкоземельных составляющих многокомпонентного минерального сырья // Горный журнал. 2016. № 1. С. 49–53. DOI: 10.17580/gzh.2016.01.10

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 11, pp. 13–18
DOI: 10.17580/gzh.2018.11.01

Elkon gold and uranium project waiting for development

Information about authors

- G. N. Pilipenko¹, Associate Professor, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences
A. A. Vercheba¹, Dean of Geological Prospecting School, Professor, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences, aa_ver@mail.ru
A. V. Petrov¹, Professor, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences
G. V. Demura¹, Professor, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences

¹Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University, Moscow, Russia

Abstract

An achievement of geological service of the USSR and Russia is the discovery and exploration of Russia's largest gold and uranium deposits in the Elkon region in South Yakutia, which has allowed a considerable buildup in the minerals and raw materials supply in the country. The South zone of thick gold-bearing metasomatites holds 53 % of uranium ore reserves of Russia. The gold and uranium mineralization has an extent more than 20 km and contains 230 thousand tons of

uranium according to JORC code. Uranium continuity is proved in the South zone and in nine large ore bodies located in five ore deposits at the uranium cut-off grade of 0.04–0.05 %. The content of gold and silver in ore bodies is 0.7–1.5 and 6–13 g/t (on the average 10 g/t), respectively. The mineralization parameters remain the same both in depth more than one kilometer and along the strike of the zone. Taking into account the determined structural, mineralogical and chemical features of the gold and uranium field, a refreshed mining and processing project has been proposed for the South zone. The development of the Elko uranium region in South Yakutia is necessary for the consolidation of uranium resources base of Russia, dynamic economical advancement and improvement of the living environment in the east regions of the country.

Keywords: Elkon ore region, uranium, gold–uranium fields, uranium reserves, uranium ore exposure, ore processing technology.

References

- Marsland-Smith A. Operational update – Frome Basin Uranium Production. *Proceedings of the 7th Annual Mining South Australia Conference*. Whyalla, 2013. 30 p.
- Morozov A., Litvinenko V. Development of the heap leaching of low-grade uranium ores for conditions of OJSC Priargunsky Mining and Chemical plant (PPGKhO). *Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining,*

- Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014)*. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. p. 178.
3. Gandhi S. M., Sarkar B. C. *Essentials of Mineral Exploration and Evaluation*. Amsterdam : Elsevier, 2016. 406 p.
 4. *Early Days at PLS. 121 Mining Investment Conference*. Hong Kong : Fission Uranium Corp., 2017. 20 p.
 5. *Uranium 2016: Resources, Production and Demand : A Joint Report by the NEA and IAEA*. OECD, 2016. 550 p.
 6. Zhivov V. L., Boytsov A. V., Shumilin M. V. *Uranium: geology, mining, economics*. Moscow : Atomredmetzoloto, 2012. 301 p.
 7. *The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2017–2035*. World Nuclear Association, 2017.
 8. Mashkovtsev G. A., Konstantinov A. K., Miguta A. K., Shumilin M. V., Shchetochkin V. N. *Uranium Wealth of Russia*. Moscow : VIMS, 2010. 850 p.
 9. Kovalev L. N., Burkova N. V., Sychevskiy A. V., Kuznetsov V. V. *Mineral reserves and resources of the Republic of Sakha (Yakutia)*. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 7. pp. 83–88. DOI: 10.17580/gzh.2016.07.18
 10. Svyatetskiy V. S., Polonyankina S. V., Ermakov A. G. *Uranium-mining industry of Russia: the state and prospects of development*. *Prospect and protection of mineral resources*. 2017. No. 11. pp. 22–26.
 11. Boitsov V. E., Pilipenko G. N., Dorozhkina L. A. *Gold and uranium deposits in Central Aldan. Large and Super-Large Ore Fields*. Moscow : IGEM RAN, 2006. Vol. 2: Strategic Ore Reserves. pp. 215–240.
 12. Goleva R. V. *Ecological supervision of the Elkon Mining and Metallurgical Project*. *Ratsionalnoe osvoenie nedr*. 2011. No. 1. pp. 61–65.
 13. Tarkhanov A. V., Bugrieva E. P. *Value and Prospects of Commercial Uranium Deposits*. Moscow : VIMS, 2017. 106 p.
 14. Demoura G. V., Zinovkin S. V., Petrov A. V. *An Express Method of gravi-magnetic Tomography for Estimating Reserves of Ore Occurrences Ferrous and Non-ferrous Metals*. *Nedropolzovanie-XXI vek*. 2018. No. 2. pp. 43–50.
 15. Pilipenko G. N., Vercheba A. A. *Relevant exploration trends in the Elkon ore region (Central Aldan)*. *Materialy po geologii mestorozhdenii urana, redkikh i redkozemelnykh metallov*. 2012. No. 158. pp. 38–51.
 16. Miguta A. K. *Uranium Deposits of the El'kon Ore District in the Aldan Shield*. *Geology of Ore Deposits*. 2001. Vol. 43, Iss. 2. pp. 117–135.
 17. Pilipenko G. N., Vercheba A. A. *A package of innovative solutions towards efficient mining of the larges gold and uranium ore bodies in the Elkon region, Yakutia*. *Uranium Geology, Reserves and Production III International Symposium Proceedings*. Moscow : VIMS, 2013. pp. 218–235.
 18. Larichkin F. D., Voitekhevskiy Yu. L., Vorobev A. G., Goncharova L. I. *Features of substantiation of quality requirements for extraction of valuable rare earth components from multicomponent mineral raw material*. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 1. pp. 49–53. DOI: 10.17580/gzh.2016.01.10

УДК 550.8:552:552.323.6

ПРИЗНАКИ СКРЫТЫХ СТРУКТУР В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ, ВМЕЩАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ

П. А. ИГНАТОВ¹, проф., д-р геол.-минерал. наук, petrignatov@gmail.com
С. Г. КРЯЖЕВ², ведущий научный сотрудник, д-р геол.-минерал. наук
А. В. ТОЛСТОВ³, директор Научно-исследовательского геологоразведочного предприятия, д-р геол.-минерал. наук
М. В. МАЛЬЦЕВ³, начальник партии геологоразведочной экспедиции

¹ Российский государственный геологоразведочный университет

им. Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

² ФГБУ «ЦНИГРИ», Москва Россия

³ АК «АЛРОСА» (ПАО), Мирный, Россия

Введение

В настоящее время поиски месторождений алмазов в Якутии проводят на закрытых территориях, где поисковые объекты находятся в осадочных толщах нижнепалеозойского платформенного чехла и перекрыты осадочными или вулканогенными отложениями мощностью в десятки и сотни метров. Традиционно анализируют электромагнитные свойства кимберлитов и сопровождающие их шлихоминералогические ореолы, устанавливаемые по опробованию керн скважин. Помимо этого, целесообразно использовать тектонические, флюидоразрывные и минералого-геохимические признаки структур, вмещающих кимберлиты, которые устанавливаются при исследовании керн [1–4].

Фактическая основа разработок получена в процессе поисков, оценки и разведки алмазных месторождений трубок «Ботубинская» и «Нюрбинская», дайкового тела Майского и других рудных объектов, проводимых в осваиваемом промышленностью Накынском поле Средне-Мархинского района Западно-Якутской алмазоносной провинции. Комплекс признаков установлен глав-

На закрытых территориях предлагается использовать дополнительный комплекс тектонических, флюидоразрывных и минералого-геохимических признаков коренных месторождений алмазов. Накынское поле Якутии маркируется ареалами палеосейсмогенных деформаций слоев, эруптивных брекчий базитов, флюидоразрывных карбонатных брекчий, скарнов и гидротермальной минерализацией.

Ключевые слова: кимберлит, рудовмещающие, палеосейсмогенные дислокации, тектонические, флюидоразрывные признаки, изотопы углерода, кислорода и серы, газогеохимические ореолы.

DOI: 10.17580/gzh.2018.11.02

ным образом в результате изучения керн и аналитических данных многих тысяч поисковых и разведочных скважин, пройденных по сети, начиная от 400×400 до 40×50 м и плотнее.

Результаты исследования геологических признаков разноранговых кимберлитовых объектов

Для эффективного использования признаков необходимо ранжировать поисковые объекты на кимберлитовые поля, группы или кусты кимберлитовых тел и кимберлитовые тела (трубка, дайка, жила). Каждому рангу соответствует блок вмещающих кимберлиты осадочных пород разного объема, в котором проявлены геологические образования, сопровождающие кимберлиты (см. таблицу).

Накынское кимберлитовое поле локализовано в узле пересечения региональных Вилюйско-Мархинской и Средне-Мархинской зон разломов, каждая из которых выражена поясами даек и сил-