



*Желаю коллективу АО «Атомредметзолото» не останавливаться на достигнутом. За прошедшие 10 лет тяжелый труд, стратегическое видение и эффективное руководство обеспечили создание в республике Бурятия перспективного и успешного производства, которое, я уверен, будет только развиваться!*

**А. С. Цыденов,**  
**временно исполняющий обязанности**  
**Главы Республики Бурятия**

УДК 622.349.5

## СТАНОВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АО «ХИАГДА»



**Л. В. МАСКИНА,**  
специалист по сопровождению проектов  
отдела капитального строительства,  
АО «Хиагда», Чита, Россия,  
Maskina.L.V@hiagda.ru



**Е. Д. АВДОШИН,**  
ведущий специалист  
проектной группы дирекции программ,  
АО «Атомредметзолото», Москва, Россия

### Введение

Разработка месторождений методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) по сравнению с традиционными горными способами в значительной степени уменьшает вред, наносимый окружающей среде, и имеет свои отличительные особенности.

Этап рекультивации территории и подземных вод при способе СПВ заключается в ликвидации технологических скважин эксплуатационного блока, восстановлении загрязненных участков почв и передачи территории в сельскохозяйственный оборот. В целом территория после СПВ характеризуется следующими особенностями:

- природные подземные воды в области распространения рудных залежей в большинстве случаев не пригодны для питьевого и технического водоснабжения, так как по типу минерализации относятся к солоноватым водам (минерализация >2 г/л), содержат выше ПДК (предельно допустимая концентрация) продукты радиоактивного распада урана (прежде всего радий) и сероводород;

Описаны история становления, текущее состояние и перспективы развития АО «Хиагда». Приведены общие сведения о географии расположения, природно-климатических условиях и геологии района добычи, дана краткая характеристика основного месторождения – Хиагдинского. Рассказано о перспективах расширения минерально-сырьевой базы предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания.

**Ключевые слова:** скважинное подземное выщелачивание, переработка урановых руд, продуктивные растворы, сернокислотные растворы, извлечение урана.

**DOI:** 10.17580/gzh.2017.08.07

- гидрогеологические условия характеризуются застойным гидродинамическим режимом (скорость движения подземных вод – доли сантиметра в год), что не способствует распространению загрязненных подземных вод на значительные расстояния; геологическая среда обладает защитными свойствами, обусловленными нейтрализационной и восстановительной емкостью горных пород и присутствием биоактивных сульфатредуцирующих и денитрифицирующих бактерий [1].

Разработка месторождений методом СПВ через систему скважин оказывает несравнимо меньшее отрицательное влияние на поверхность земли. Отсутствуют оседания и нарушения земной поверхности, отвалы забалансовых руд и пустых пород, а также хвостохранилища. На всех переделах, включая вскрытие и подготовку рудных тел, исключено пылеобразование. Несоизмеримо сокращаются объемы перерабатываемого производства за счет исключения из технологической схемы громоздких операций рудоприемки, рудоподготовки и выщелачивания. В целях предотвращения разливов технологических растворов перед началом эксплуатации ряда или участка осуществляется снятие поверхностного плодородного слоя почвы по всей длине ряда эксплуатационных скважин на ширину 4–5 м и глубиной 40–50 см. После отработки запасов на участке плодородный слой почвы возвращают на прежнее место.

© Маскина Л. В., Авдошин Е. Д., 2017

Таким образом, при относительно небольших трудозатратах и средствах через непродолжительный отрезок времени (4–5 лет) от начала эксплуатации по мере отработки участки земля возвращается в сельскохозяйственное пользование без ухудшения ее плодородия [2]. Вследствие того, что отработка запасов по отдельным участкам СПВ длится только несколько лет, отпадает необходимость исключения из землепользования на период отработки всей площади месторождения, и в этом проявляется дополнительная положительная особенность способа СПВ. По мере погашения запасов отработанные участки передаются сельскому хозяйству [3].

Скважинный вариант вскрытия и отработки месторождений полностью исключает какие-либо источники пылевыведения и в десятки раз сокращает выбросы радиоактивных веществ в атмосферу (рис. 1).

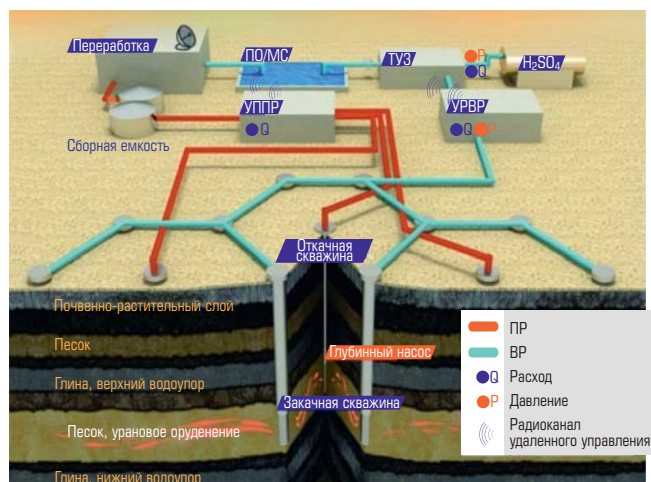
Одним из двух предприятий, осуществляющих добычу урана методом скважинного подземного выщелачивания на территории Российской Федерации, является АО «Хиагда». Предприятие осваивает месторождения Хиагдинского рудного поля, расположенные в Республике Бурятия.

### Общие сведения о районе месторождения

Хиагдинское рудное поле находится в южной части Витимского плоскогорья на левом берегу р. Витим. Расстояние до ближайших областных центров – Читы и Улан-Удэ составляет 215 и 390 км соответственно, до районного центра пос. Багдарин – 110 км, до населенных пунктов Романовка, Джилинда, Усть-Джилинда – 50–70 км.

Район представляет собой слабохолмистую таежную местность с абсолютными отметками рельефа 1100–1300 м и относительными превышениями 80–100 м. Речные долины и выложенные участки заболочены.

Климат района резко континентальный. Среднегодовая температура составляет  $-6^{\circ}\text{C}$ . По количеству годовых осадков (356 мм) район относится к умеренно влажному. Основной объем осадков (около 68 %) приходится на три летних месяца, в зимний период (октябрь – февраль) выпадает всего около 6 % осадков.

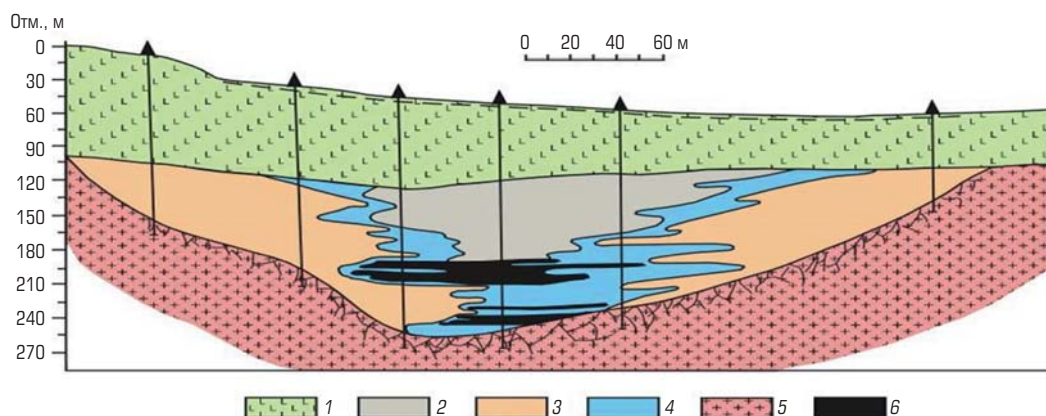


**Рис. 1. Схема добычи урана способом подземного скважинного выщелачивания:**

PR – продуктивный раствор; BR – выщелачивающий раствор; МС – маточник сорбции; ТВЗ – технический узел закисления; УРВР – узел распределения BR; УППР – узел приема PR; ПО – пескоотстойник

Рудные залежи залегают в целом согласно с напластованием и слоистостью осадочных пород и лишь в участках фациальных границ пересекают их. В вертикальном разрезе оруденение распространено от кровли фундамента на 40–60 м вверх, в слоистой толще осадочных отложений; при этом наблюдается многоярусное распространение урановых руд на двух уровнях, разделенных безрудными породами (рис. 2). Так, основная масса урановых руд Хиагдинского месторождения (примерно 95 % разведанных балансовых запасов месторождения) сосредоточена на первом уровне. Второй рудоносный уровень выделяется гипсометрически выше на 10–30 м по границе уступа надпойменной террасы и содержит 5 % разведанных запасов урана.

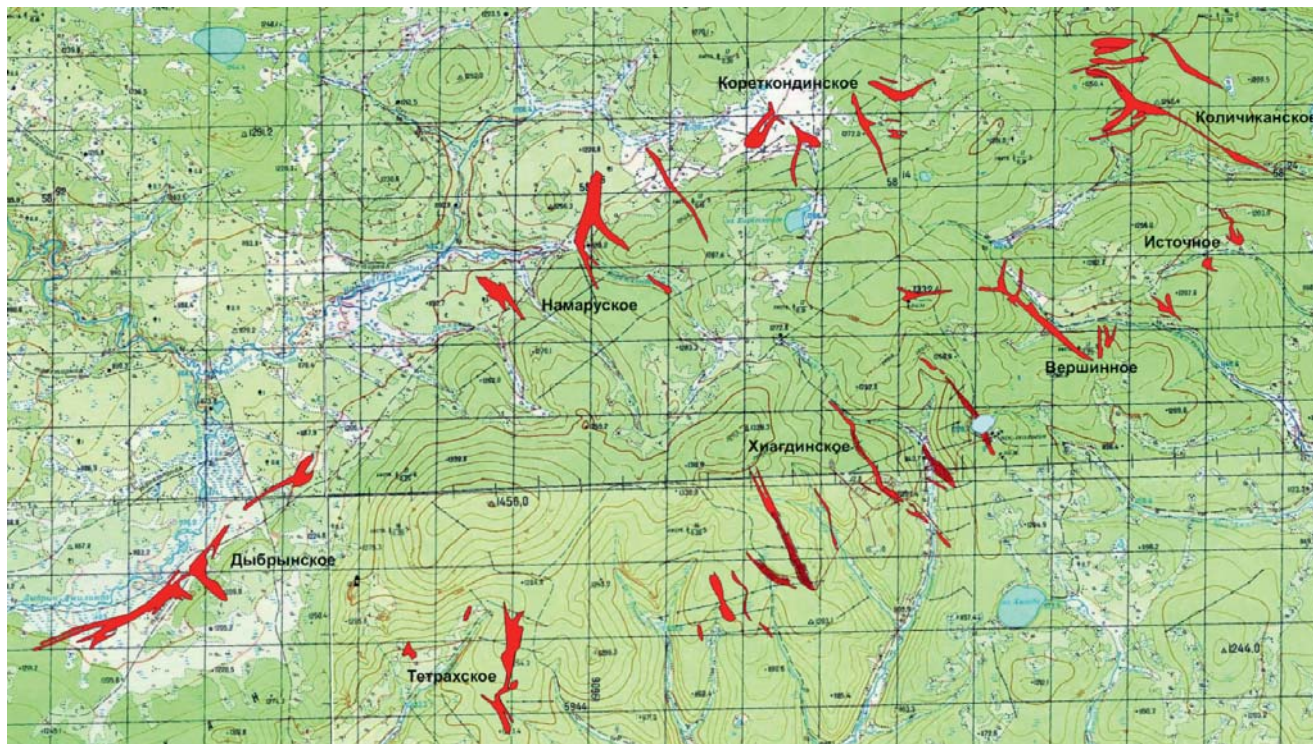
На сырьевой базе месторождений Хиагдинского рудного поля осуществляет свою деятельность АО «Хиагда». Предприятие имеет лицензии на разведку и добычу урановых руд на семи месторождениях из восьми, образующих рудное поле: Хиагдинском,



**Рис. 2. Распределение оруденения в осадочных породах:**

1 – базальты;  
2–4 – неогеновые проницаемые отложения (пески, алевролиты, глины);  
5 – граниты фундамента;  
6 – оруденение





**Рис. 3. Карта урановых залежей месторождений Хиагдинского рудного поля**

Источном, Вершинном, Дыбрынском, Намаруском, Количиканском и Кореткондинском. На восьмом месторождении – Тетрахском завершается формирование ресурсной базы предприятия, деятельность которого запланирована до 2054 г. (рис. 3).

В настоящее время АО «Хиагда» является активно развивающимся и строящимся предприятием и ведет основную добычу урана на самом крупном месторождении рудного поля – Хиагдинском, состоящем из семи залежей.

В соответствии с «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов полезных ископаемых» (МПР РФ ГКЗ, 1997 г.) Хиагдинское месторождение относится ко 2-й группе, запасы в которой подсчитываются по категориям В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

На Хиагдинском месторождении по категории В квалифицированы запасы урана в контуре опытно-промышленного полигона подземного выщелачивания (ПВ) залежи № 5. К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы урана, разведанные по сети 200×(25÷50) м (залежи № 5, 6, 7), 400×(25÷50) м (залежь № 3), 400×(25÷100) м (залежь № 3а). Всего по категории С<sub>1</sub> квалифицировано 10 блоков. К категории С<sub>2</sub> отнесены запасы урана, разведанные по сети (200÷400)×(25÷100) м, в единичных случаях – по сети (400÷800)×50 м. Всего по категории С<sub>2</sub> квалифицировано 23 блока. К прогнозным ресурсам категории Р<sub>1</sub> отнесены запасы по 1-му блоку на залежах № 5 и 6а. Соотношение запасов урана промышленных категорий В+С<sub>1</sub> к общей сумме запасов категорий В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> составляет 61 % [4].

Расположение горнодобывающего предприятия в самом центре Хиагдинского рудного поля определяет возможность его даль-

нейшего развития на минерально-сырьевой базе района с возможностью наращивания мощности. Продление срока существования предприятия на базе Хиагдинского месторождения связано с промышленным освоением других семи месторождений рудного поля, расположенных в 1,5–4 км от Хиагдинского, суммарные запасы которых позволяют планировать устойчивую работу предприятия на протяжении примерно 35 лет.

#### **Текущее состояние работ и перспективы развития предприятия**

На сегодняшний день АО «Хиагда» – второе предприятие на территории России, ведущее промышленную добычу урана высокоэффективным и экологически безопасным методом СПВ, который позволяет снизить себестоимость производства урана по сравнению с традиционным горным способом. АО «Хиагда» – быстро развивающееся предприятие. Уровень добычи в 2016 г. составил более 500 т урана; в 2019 г. планируется выйти на целевой уровень добычи в 1000 т готовой продукции в год. В перспективе предприятие может стать лидером по добыче урана в Российской Федерации.

Получению первой партии урановой продукции предшествовали 40 лет геологоразведочных работ. В 1959 г. по материалам исследований на территории Витимского урановорудного района было выявлено месторождение урана как крупный рудный объект с бедными рудами. Основной рудный потенциал Витимского района был определен после выявления серии однотипных гидрогенных месторождений урана в неогеновых палеодолинах, перекры-

тых базальтами Амалатского плато (Джилиндинское и Родионовское месторождения). По своему потенциалу в настоящее время район соизмерим с крупными зарубежными месторождениями Австралии, Канады и Казахстана [5–8].

С 1978 по 1999 г. экспедицией 130 ПГО «Сосновгеология» были проведены гидрогеологические исследования по изучению возможности и условий фильтрации растворов по рудовмещающим породам, изучение внутреннего строения рудовмещающего горизонта на залежах № 3, 5, 6, 7 Хиагдинского месторождения. Выполненные исследования позволили заключить, что водообильность и фильтрационные свойства рыхлых отложений рудоносной толщи продуктивного горизонта могут обеспечить работу откачных скважин с дебитом, превышающим 2–3 м<sup>3</sup>/ч, и закачных с приемистостью более 1–1,5 м<sup>3</sup>/ч. Растекание растворов по вертикали в условиях резкой фильтрационной анизотропии практически не происходит, что подтверждено опытной откачкой (скв. 3282) и в натурном геотехнологическом опыте ПВ-89 за 14 мес работы [9, 10].

Принципиальная возможность извлечения урана слабыми серноокислотными растворами способом ПВ из руд Хиагдинского месторождения была доказана при проведении двух натурных опытов по двухскважинной схеме в период с 1982 по 1989 г.

В 1999 г. на рудной залежи № 5 Хиагдинского месторождения ОАО «Хиагда» начаты работы по добыче урана способом ПВ на опытно-промышленном участке ПВ-99 площадью 11000 м<sup>2</sup> [11]. На участке работали два блока ПВ с линейным расположением скважин: 7 откачных и 19 закачных скважин с расстояниями между рядами скважин 35 м и между скважинами в ряду 35 м (откачные), 18–20 м (закачные). Производительность опытно-промышленного участка ПВ-99 по растворам составляла 24,5 м<sup>3</sup>/ч. По состоянию на 1 марта 2004 г. извлечение урана из недр на смолу составило ~55 %.

В период с 2000 по 2014 г. был реализован ряд интересных и перспективных проектов, которые позволили генерировать механизмы инновационной деятельности и внедрить новые технологии с последующим масштабным экономическим эффектом. При этом были проанализированы самые разнообразные варианты повышения эффективности уранодобычи [12, 13]; рассматривались и различные иностранные проработки по извлечению урана из растворов [14, 15].

На начальном этапе освоения Хиагдинского месторождения был реконструирован участок подъездной автодороги протяженностью 37 км, выполнена инженерная подготовка территории, обеспечено энергоснабжение – построены линия электропередачи и электрическая подстанция 10 кВ.

В 2010 г. началось строительство объектов основного производства. Для переработки продуктивных растворов и получения готовой продукции на площадке основного производства был построен главный корпус. Технологическое оборудование главного корпуса обеспечивает сорбционную переработку до 1650 м<sup>3</sup>/ч продуктивных растворов, подаваемых с эксплуатационных полигонов, и регенерацию потока насыщенного сорбента, поступающего с участка сорбции [16]. Технологический процесс при применении сорбционной технологии обеспечивает эффективное из-

влечение урана из продуктивных растворов подземного выщелачивания и выпуск готовой продукции в виде химического концентрата урана. На территории одного объекта происходит весь цикл переработки товарного регенерата с получением требуемого количества готовой продукции.

Сегодня в рамках программы технического перевооружения главного корпуса рассматривается еще один интересный проект – сушильная установка с применением СВЧ-энергии по выпуску готовой продукции в соответствии с международным стандартом ASTM по влажности.

В сентябре 2015 г. компания завершила один из самых крупных индустриально-инновационных проектов, осуществленных на территории производственной площадки АО «Хиагда» – сооружение цеха по производству серной кислоты (ЦПСК) производственной мощностью до 110 тыс. т кислоты в год. Строительство этого объекта стало ядром инвестиционной программы. Получение серной кислоты из чистой газовой серы осуществляется по так называемой короткой схеме методом двойного катализа с промежуточной абсорбцией. Такая технология с незначительными вариациями используется ведущими компаниями мира по производству урана. Суммарный объем инвестиций в создание производства и инженерной инфраструктуры составил 3,5 млрд руб. Планируется, что вложенные инвестиции окупятся за 5 лет.

Объемы минерально-сырьевой базы урана на месторождениях компании составляют около 47 тыс. т. При добыче этого металла без серной кислоты не обойтись. Технология подземного выщелачивания предполагает расход больших объемов этого реагента. Ввод в эксплуатацию цеха по производству серной кислоты полностью обеспечил потребности в этом виде реагента [17].

Для обеспечения надежной схемы подачи электрической энергии при запуске ЦПСК параллельно начали строительство энергокомплекса мощностью 1,8 МВт. Все тепломеханическое и вспомогательное оборудование, которое обеспечивает покрытие потребности предприятия в тепловой и электроэнергии, размещается на отдельной площадке энергетического комплекса в производственном корпусе, где также находится аварийная дизельная электрическая станция [18].

2015–2016 гг. для компании стали знаковыми. Госкорпорацией «Росатом» выданы разрешения на ввод в эксплуатацию зданий и сооружений I, II и III этапов строительства объектов площадки основного и вспомогательного производства, Департаментом по недропользованию Республики Бурятия оформлены разрешения на ввод добычных полигонов залежей № 5, 6, 7 Хиагдинского месторождения. Таким образом, завершился этап перехода от опытно-промышленной эксплуатации объектов к промышленной.

В 2015 г. начато освоение месторождения *Источное*, которое рассматривается в качестве второго объекта освоения месторождений Хиагдинского рудного поля [19]. Запасы уранового месторождения Источное были утверждены 1 апреля 2014 г.

Проектная мощность по добыче урана составляет 200 т в закиси-окиси, или 215 т в продуктивных растворах, что согласо-

ется с масштабом месторождения и сроком эксплуатации до 2027 г. [20].

В Программе развития АО «Хиагда» заложен расчетный период выхода на проектную мощность – 5-й год с начала отработки запасов урана месторождения Источное (2019 г.). Общее время отработки запасов месторождения – 12 лет (с 2015 по 2026 г.), в том числе продолжительность отработки запасов залежи И1 – 12 лет (с 2015 по 2026 г.), время отработки запасов залежи И2 – 5 лет (с 2021 по 2025 г.), время отработки запасов залежи И3 – 7 лет (с 2015 по 2021 г.).

Календарный план отработки предусматривает циклический ввод блоков в эксплуатацию для достижения и последующего поддержания проектной производительности на срок, обеспеченный сырьевой базой. Максимальное число скважин в одновременной работе – откачных 63, закачных 183.

Очередность вскрытия и отработки запасов урана в геологических блоках проектируется в следующем порядке: залежь И1, блок И1-1-С1 – с 2015 г.; залежь И3, блок И3-3-С1 – с 2016 г.; затем в соответствии с календарным планом добычи к отработке подключается блок И3-4-С2 залежи И3 и завершается ввод в отработку запасов месторождения вскрытием блока И1-7-С2 залежи И1 и блока И2-2-С2 залежи И2. Порядок отработки обеспечивает одновременную эксплуатацию и ввод блоков ПВ на участках с различной продуктивностью с целью получения постоянного уровня концентрации урана в продуктивных растворах на протяжении всего срока отработки месторождения [21].

На данном этапе уже закончено строительство подъездной и межплощадочных дорог, ЛЭП, добычного полигона, площадки ЛСУ, объектов инфраструктуры. Переработка продуктивного раствора будет осуществляться на локальной сорбционной установке, а насыщенный сорбент для извлечения урана будет транспортироваться в главный производственный корпус Хиагдинского месторождения.

Параллельно компания готовится к освоению месторождения *Вершинное*. Это очень привлекательный объект с защищенными запасами 4577 т урана и хорошим их качеством [22]. Согласно «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом № 278 МПР России от 11 декабря 2006 г. и «Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (радиоактивных металлов)», утвержденным распоряжением № 37-р МПР России от 05.06.2007 г., *Вершинное* месторождение относится к 3-й группе 3-го типа сложности геологического строения. Бурятская территориальная комиссия по запасам полезных ископаемых (БурТКЗ) 27 сентября 2013 г. Протоколом № 25 постановила утвердить балансовые запасы *Вершинного* месторождения урана для добычи способом скважинного подземного выщелачивания по состоянию на 01.08.2013 г. в следующих объемах: по категории С<sub>1</sub> – 4304 т (5 блоков), по категории С<sub>2</sub> – 273 т (4 блока). Запасы урана на месторождении квалифицированы по категориям С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> в соотношении 94,6:5,4 % [23]. Промышленные запасы руды и урана по категориям С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> составляют

11507,7 тыс. т и 4577 т соответственно, в том числе для I этапа строительства – 6898 тыс. т и 2913 т [24].

Кроме этого, на *Вершинном* месторождении возможно расширение минерально-сырьевой базы, поэтому в среднесрочной перспективе планируется провести доизучение запасов. Добыча на месторождении начнется в 2017 г. и рассчитана на перспективу более 20 лет.

Ключевая задача проекта «Хиагда» – это обеспечение выхода на максимальную годовую производительность 1300 т урана к 2027 г. Для решения обозначенной задачи необходимо осуществлять планомерный ввод в эксплуатацию остальных пяти месторождений Хиагдинского рудного поля в следующем порядке:

- Дыбрыньское в 2020 г.;
- Тетрахское в 2025 г.;
- Количиканское в 2027 г.;
- Намаруское в 2030 г.;
- Кореткондинское в 2036 г.

Гидрогеологические и горнотехнические условия для всех пяти месторождений оцениваются положительно для их отработки способом подземного выщелачивания слабыми растворами серной кислоты без необратимых последствий для окружающей среды. Руды технологичны по фильтрационным свойствам; по данным опытных натуральных гидрогеологических исследований, рудные интервалы приурочены к проницаемым отложениям. Руды монометалльные, урановые, алюмосиликатные, бескарбонатные, легковскрываемые.

Месторождение *Дыбрыньское* расположено на северо-западном склоне Байсыханского поднятия в 15 км к северо-западу от Хиагдинского месторождения. Рудные залежи месторождения отнесены к 3-й группе сложности. Всего для выявления и изучения месторождения было пробурено 464 скважины общей глубиной 71975 м, из них на разведку – 134 скважины (20836 м). Плотность разведочной сети варьировалась в зависимости от сложности строения залежей от 200×50 до 400×50 м и лишь на фланге месторождения в двух пересечениях – до 800×50 м. На месторождении выявлено семь рудных залежей, три из которых содержат более 92 % разведанных балансовых запасов урана. Извлечение урана, по данным статического и фильтрационного выщелачивания в разных блоках, составило 89,7–95,6 %. Запасы по месторождению утверждены ГКЗ (Протокол № 3176 от 24.05.2013 г.) в количестве 6634 т (С<sub>1</sub> – 5470 т, С<sub>2</sub> – 1164 т).

Месторождение *Тетрахское* расположено на юго-западном фланге Хиагдинского рудного поля в 5 км от залежи № 1 Хиагдинского месторождения. Оно занимает площадь 6 км<sup>2</sup> и состоит из рудных залежей I и Ia. Глубина залегания рудоносного горизонта 153–184 м при среднем значении 165 м. Объект является самым мелким во всей группе месторождений. Средняя продуктивность залежи I – 12,9 кг/м<sup>2</sup>, залежи Ia – 2,3 кг/м<sup>2</sup>. Среднее содержание урана в рудах – 0,047 %. На стадиях поисков и предварительной разведки на месторождении по сети 600×100 м проведено разведочное бурение объемом 10000 м. Запасы урана по категории С<sub>2</sub>, по данным разведки, составляют 6429 т.



Лицензию на разведку и добычу на месторождении планируется получить в 2019 г., после чего на данном объекте запланировано проведение геологоразведочных работ.

Месторождение *Каличканское* находится в 2 км к северу от месторождения Источное. На месторождении выявлено пять рудных залежей, отнесенных к 3-й группе сложности. Плотность разведочной сети составила  $(400 \div 200) \times 50$  м для категории запасов  $C_1$  и  $800 \times (100 \div 50)$  м для запасов категории  $C_2$ . Местные горно-геологические условия позволяют проектировать развитие инфраструктуры промышленного и гражданского назначения. Всего на месторождении классифицированы запасы категории  $C_1$  в количестве 4119 т, категории  $C_2$  – 2411 т. Запасы месторождения утверждены Протоколом ГКЗ № 3026 от 25.01.2013 г.

Месторождение *Намаруское* расположено в 9 км к северо-западу от месторождения Хиагдинское. Здесь выявлено шесть рудных залежей, которые отнесены к 3-й группе сложности. Всего для выявления и изучения месторождения выполнен 76931 м бурения (311 скважин), из них в период разведки – 27037 м (91 скважина). Месторождение разведано по сети  $400 \times 50$  м, на более сложной залежи Н5 сеть разведочных пересечений сгущена до  $200 \times 50$  м. Руды месторождения легковскрываемые со средними показателями извлечения 88,8 %. Местные горно-геологические условия позволяют проектировать развитие инфраструктуры промышленного и гражданского назначения. Запасы по месторождению утверждены ГКЗ (Протокол № 3175 от 24.05.2013 г.) в количестве 6120 т ( $C_1$  – 4536 т,  $C_2$  – 1584 т).

Месторождение *Кареткондинское* находится в 2 км к северо-востоку от месторождения Намаруское и состоит из пяти рудных

залежей. На стадии поисково-оценочных работ месторождение разведано сетью буровых скважин  $(800 \div 200) \times (100 \div 25)$  м. На этой стадии пробурено 269 скважин общим объемом 67767 м. С 2010 г. на месторождении проводятся разведочные работы, пробурены 93 скважины общим объемом 26282,4 м. Средняя глубина залегания руд 250 м. Запасы по месторождению утверждены в ТКЗ (Протокол № 31 от 05.12.2013 г.) в количестве 4721 т ( $C_1$  – 3518 т,  $C_2$  – 1203 т).

### Заключение


АО «Хиагда» – молодое, активно развивающееся предприятие, уверенно смотрящее в будущее. Построенная и запущенная в эксплуатацию на промышленной площадке производственная инфраструктура позволит предприятию выйти в ближайшее время на запланированный уровень добычи урана 1000 т в год, а ведущиеся в настоящее время работы по обустройству новых месторождений Хиагдинского рудного поля дадут возможность поддерживать и даже увеличивать в отдельные годы данные показатели на протяжении десятилетий.

В отдаленной перспективе возможно расширение ресурсной базы предприятия за счет освоения соседних месторождений Витимского ураново-рудного района с аналогичными геологическими условиями. Данный район состоит из шести рудных узлов, включающих вместе с Хиагдинским рудным полем более двух десятков месторождений, ресурсы которого на сегодня оцениваются в 350 тыс. т урана, в том числе 250 тыс. т, пригодных для скважинного подземного выщелачивания. Это позволит предприятию добывать уран более 100 лет для обеспечения потребностей отечественной атомной промышленности.

### Библиографический список

1. Бубнов В. К., Голик В. И., Воробьев А. Е., Капканщиков А. М., Хадонов З. М. и др. Актуальные вопросы добычи цветных, редких и благородных металлов. – Акмола: Жанна-Арка, 1995. – 601 с.
2. Голик В. И., Цидаев Т. С., Цидаев Б. С. Повышение эффективности добычи руд на основе комбинирования традиционных и инновационных технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 4. С. 11–18.
3. Ляшенко В. И., Люлько О. В., Стусь В. П. Охрана окружающей среды и человека в уранодобывающих регионах. – Днепропетровск: Пороги, 2003. – 642 с.
4. Отчет об инженерно-геологических и гидрометеорологических изысканиях Центральной промышленной площадки Хиагдинского предприятия. – М.: ВНИПИпромтехнологии, 2004. – 234 с.
5. Uranium Supply Analysis (USA) System / NAC International, 2012. – 4 p. URL: <http://www.1nuclearplace.com/pdf/USA-Sept2012.pdf> (дата обращения: 19.04.2017).
6. Marsland-Smith A. Operational update – Frome Basin Uranium Production. – Whyalla, 2013. – 30 p. URL: <https://www.slideshare.net/informa0z/dr-aandrea-marslandsmith> (дата обращения: 15.04.2017).
7. Early Days at PLS // 121 Mining Investment Conference, 29–30 March 2017. – Hong Kong: Fission Uranium Corp., 2017. – 20 p. URL: [http://www.fissionuranium.com/\\_resources/presentations/FCU-HK121-March-29-30-2017-Final.pdf](http://www.fissionuranium.com/_resources/presentations/FCU-HK121-March-29-30-2017-Final.pdf) (дата обращения: 15.06.2017).
8. Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan / World Nuclear Association, 2017. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx> (дата обращения: 05.07.2017).
9. Андреев Н. П., Морозов Н. А. Отчет Аянской ГСП за 1973–1976 гг. – Улан-Удэ: ПГО «Бурятгеология», 1977. – 74 с.
10. Базулин В. Ф., Власов А. И., Степанов В. Ф. и др. Результаты массовых поисков в Бурятской АССР и поисково-оценочных работ в Баунтовском районе Бурятской АССР: отчет специализированной партии № 1 за 1980–1981 гг. – Улан-Удэ: ПГО «Бурятгеология», 1982. – 207 с.
11. Митрофанов Е. А., Никулин С. В., Кучеренко А. А. и др. Поисково-оценочные работы масштаба 1:50 000 и крупнее на Джилдинском участке (70 км<sup>2</sup>) Витимского урановорудного района с целью выявления и оценки рудных залежей палеодолинного типа, пригодных для отработки способом ПВ: отчет за 2006–2008 гг. – Иркутск: ФГУП «Урангео», 2008. – 379 с.
12. Лизункин В. М., Морозов А. А., Гаврилов А. А., Лизункин И. В. Лабораторные исследования процесса выщелачивания урана сернокислотными растворами, активированными ультразвуком // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 10. С. 100–111.
13. Халимов И. У., Турсунова С. У. Повышение эффективности подземного выщелачивания урана путем гидроразрыва пласта // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 11. С. 329–334.
14. Kim J., Tsouris C., Mayes R. T., Oyola Y., Saito T., Janke C. J., Dai S., Schneider E., Sachde D. Recovery of Uranium from Seawater: A Review of Current Status and Future Research Needs // Separation Science Technology. 2013. Vol. 48. No. 3. P. 367–387.
15. Linhoff B. S., Bennet P. C., Puntsag T., Gerel O. Geochemical evolution of uraniumiferous soda lakes in Eastern Mongolia // Environmental Earth Science. 2011. Vol. 62. Iss. 1. P. 171–183.
16. Проект горного отвода для отработки способом подземного выщелачивания месторождения Источное Хиагдинского рудного поля: пояснительная записка. – М.: ВНИПИпромтехнологии, 2013. – 61 с.
17. Отработка Источного месторождения урана способом скважинного подземного выщелачивания: технический проект 327-ПЗ. – М.: ВНИПИпромтехнологии, 2015. Т. 1. – 117 с.

18. Строительство предприятия по отработке Хиэгдинского месторождения урана способом подземного выщелачивания : корректировка ТЭО. – М. : ВНИПИпромтехнологии, 2013. Т. 1. Пояснительная записка. – 61 с.
19. Пешков П. А., Грязнов В. П. О результатах прогнозно-геологических, поисковых и поисково-оценочных работ на уран, золото, алмазы на Амалатском плато базальтов : отчет экспедиции № 130 по геологическому заданию 130-18 за 1986-94 гг. – Иркутск, 1994. – 122 с.
20. Отработка Хиэгдинского месторождения урана способом скважинного подземного выщелачивания : технический проект 2258-ПЗ. – М. : ВНИПИпромтехнологии, 2015. Т. 1. – 158 с.
21. Отработка способом подземного выщелачивания месторождения Источное Хиэгдин-

- ского рудного поля и строительство локальной сорбционной установки : проектная документация. – М. : ВНИПИпромтехнологии, 2012. Т. 1. Пояснительная записка. – 45 с.
22. Отработка Вершинного месторождения урана способом скважинного подземного выщелачивания : технический проект 340-Д-ПЗ. – М. : ВНИПИпромтехнологии, 2015. Т. 1. – 139 с.
23. Технико-экономическое обоснование строительства предприятия по отработке Хиэгдинского месторождения урана способом подземного выщелачивания. – М. : ВНИПИпромтехнологии, 2004. Т. 1. Общая пояснительная записка и основные чертежи. – 76 с.
24. Участок подземного выщелачивания на площадке месторождения Вершинное (Республика Бурятия, Баунтовский район) : проектная документация. – М. : ВНИПИпромтехнологии, 2015. Т. 1. Пояснительная записка. – 34 с. 

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 8, pp. 38–44  
DOI: 10.17580/gzh.2017.08.07

## The growth and prospects of Khiagda

### Information about authors

L. V. Maskina<sup>1</sup>, Specialist in Support of Projects of Construction Department, Maskina.L.V@khiagda.ru  
E. D. Avdoshin<sup>2</sup>, Leading Specialist of Design Group in Directorate of Programs

<sup>1</sup> Khiagda, Chita, Russia

<sup>2</sup> Atomredmetzoloto, Moscow, Russia

### Abstract

The article informs in brief on distinctive aspects of mineral mining with the most environmentally safe method – in-situ leaching. As against the conventional mining operations, this method is advantageous for the absence of low-grade ore stock piles, gang dumps and tailings; no dusting; as well as for the ability to return the agricultural lands at a comparatively low labor cost. One of the two companies that produce uranium using the said method in the Russian Federation is Khiagda JSC affiliated with ARMZ Uranium Holding.

The authors describe general geography, environment and geology of the mining area and outlines of Khiagda uranium ore body situated in the center of Khiagda ore field. The mine enjoys rapid development – uranium production made 500 t in 2016, and it is scheduled to reach the design capacity of 1000 t annually in 2019. By mining sequentially the other deposits inside Khiagda ore field, production licenses for which have already been obtained, the company can operate at the design capacity for more than 30 years.

The prospects for Khiagda to expand its raw material supply base are discussed. The location of the mine is favorable for using the in-situ leaching method. Later on, it is supposed to develop eight deposits within Khiagda ore field and nearly two dozens of deposits in six ore fields inside Vitim uranium ore province, which offer potential raw material supply for the successful performance over a period longer than 100 years.

**Keywords:** in-situ leaching, uranium ore processing, pregnant solutions, sulfuric acid solutions, uranium recovery.

### References

1. Bubnov V. K., Golik V. I., Vorobev A. E., Kapkanchikov A. M., Khadonov Z. M. et al. Urgent issues of non-ferrous, rare and noble metals mining. Akmol: Zhanna-Arka, 1995. 601 p.
2. Golik V. I., Tsidaev T. S., Tsidaev B. S. Increasing of ore mining efficiency on the basis of combination of traditional and innovation technologies. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2012. No. 4. pp. 11–18.
3. Lyashenko V. I., Lyulko O. V., Stus V. P. Protection of environment and inhabitants in uranium-mining regions. Dnepropetrovsk: Porogi, 2003. 642 p.
4. Report about engineering-geological and hydrometeorological prospecting of central industrial site of JSC Khiagda. Moscow : VNIPIpromtekhologii, 2004. 234 p.
5. Uranium Supply Analysis (USA) System. NAC International, 2012. 4 p. Available at: <http://www.1nuclearplace.com/pdf/USA-Sept2012.pdf> (accessed: 19.04.2017).
6. Marsland-Smith A. Operational update – Frome Basin Uranium Production. Whyalla, 2013. 30 p. Available at: <https://www.slideshare.net/informa0z/dr-aandrea-marslandsmith> (accessed: 15.04.2017).

7. Early Days at PLS. 121 Mining Investment Conference, 29–30 March 2017. Hong Kong : Fission Uranium Corp., 2017. 20 p. Available at: [http://www.fissionuranium.com/\\_resources/presentations/FCU-HK121-March-29-30-2017-Final.pdf](http://www.fissionuranium.com/_resources/presentations/FCU-HK121-March-29-30-2017-Final.pdf) (accessed: 15.06.2017).
8. Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. World Nuclear Association, 2017. Available at: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx> (accessed: 05.07.2017).
9. Andreev N. P., Morozov N. A. Report of Ayanskaya GSP for 1973–76. Ulan-Ude : PGO “Buryatgeologiya”, 1977. 74 p.
10. Bazulin V. F., Vlasov A. I., Stepanov V. F. et al. *Results of mass explorations in the Buryat Autonomous Soviet Socialist Republic: report of the specialized part No. 1 for 1980–1981*. Ulan-Ude : PGO “Buryatgeologiya”, 1982. 207 p.
11. Mitrofanov E. A., Nikulin S. V., Kucherenko A. A. et al. Prospecting and evaluation works (scale 1:50 000 and larger) at Dzhlindinskiy site (70 km<sup>2</sup>) of Vitimskiy uranium-ore region for definition and assessment of paleodolomite deposits, useful for mining by underground leaching : report for 2006–2008. Irkutsk : FGUP “Urango”, 2008. 379 p.
12. Lizunkin V. M., Morozov A. A., Gavrilov A. A., Lizunkin I. V. Laboratory research of uranium leaching in ultrasound-activated sulfuric solutions. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2014. No. 10. pp. 110–111.
13. Khalimov I. U., Tursunova S. U. Increasing of efficiency of underground uranium leaching by hydraulic fracturing of layer. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2016. No. 11. pp. 329–334.
14. Kim J., Tsouris C., Mayes R. T., Oyola Y., Saito T., Janke C. J., Dai S., Schneider E., Sachde D. Recovery of uranium from seawater: a review of current status and future research needs. *Separation Science Technology*. 2013. Vol. 48, No. 3. pp. 367–387.
15. Linhoff B. S., Bennet P. C., Puntsag T., Gerel O. Geochemical evolution of uraniferous soda lakes in Eastern Mongolia. *Environmental Earth Sciences*. 2011. Vol. 62, Iss. 1. pp. 171–183.
16. Mine take design for Istochnoe deposit mining using underground leaching of the Khiagdinskoe ore field: explanatory note. Moscow : VNIPIpromtekhologii, 2013. 61 p.
17. Istochnoe uranium deposit mining by in-situ recovery: technical project 327-PZ. Moscow: VNIPIpromtekhologii, 2015. Vol. 1. 117 p.
18. Correction of Feasibility study “Enterprise building for Khiagdinskoe uranium deposit mining using underground leaching method”: design documentation. Moscow : VNIPIpromtekhologii, 2013. Vol. 1. Explanatory note. 61 p.
19. Peshkov P. A., Gryaznov V. P. About the results of forecast-geological, exploration and exploration-assessment works for uranium, gold and diamonds on Amalatskoe basalt highland : report of expedition No. 130 for geological task 130-18 for 1986–94. Irkutsk, 1994. 122 p.
20. Khiagdinskoe uranium deposit mining by in-situ recovery: technical project 2258-PZ. Moscow: VNIPIpromtekhologii, 2015. Vol. 1. 158 p.
21. Istochnoe deposit mining of Khiagdinskoe ore field using underground leaching and construction of local sorption unit : design documentation. Moscow : VNIPIpromtekhologii, 2012. Vol. 1. Explanatory note. 45 p.
22. Vershinnoe uranium deposit mining by in-situ recovery : technical project 340-D-PZ. Moscow: VNIPIpromtekhologii, 2015. Vol. 1. 139 p.
23. Feasibility study of enterprise building for mining of Khiagdinskoe uranium deposit by underground leaching. Moscow : VNIPIpromtekhologii, 2004. Vol. 1. General explanatory note and basic diagrams. 76 p.
24. Underground leaching site in Vershinnoe deposit area (the Republic of Buryatoya, Bauntovskiy region) : design documentation. Moscow : VNIPIpromtekhologii, 2015. Vol. 1. Explanatory note. 34 p.