

ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВСКРЫТИЯ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА В МОНГОЛИИ

Обоснованы параметры вскрытия гидрогенных месторождений урана в Монголии и даны рекомендации по технологиям их разработки.

Обґрунтовано параметри розкриття гідрогенних родовищ урану в Монголії та надані рекомендації з технологій їх розробки.

The parameters of the opening hydrogenic uranium deposits in Mongolia and recommendations on technology for their development.

В течение ближайших 20 лет, по прогнозам МАГАТЭ, ожидается увеличение спроса на энергию до 2 раз. Традиционные энергоресурсы – нефть, уголь и газ – не смогут покрыть растущие потребности человечества в энергии, равно как и альтернативные. При этом с точки зрения все ухудшающейся экологии преимущества атомных электростанций очевидны. А для стран, не имеющих собственных запасов органического топлива, развитие атомной энергетики является единственным выходом. Уран гораздо проще транспортируется и расходы на получение электроэнергии из урана в 4–6 раз дешевле, чем из угля или газа. Сегодня уран превратился в стратегический продукт глобальной экономики, а на долю урана сейчас приходится выработка более 15 % электроэнергии в мире. Преодоление растущего глобального дефицита энергии напрямую зависит от развития атомной энергетики во всем мире [1].

Разведка месторождений урана интенсивно ведется в:

- Северной и Южной Америке: Канада – 21 месторождение, Гренландия и Мексика по 1, США – 35, Бразилия – 4, Аргентина – 2;
- Европе: Швеция, Германия, Польша и Франция по 1 месторождению, Чехия – 5, Румыния и Испания по 2, Украина – 3;
- Азии: Россия и Казахстан по 16 месторождений, Узбекистан – 15, Монголия – 3, Китай – 11, Южная Корея и Индия по 1;
- Африке: Марокко – 4 месторождения, Алжир – 3, Нигер – 12, Камерун, Танзания, Малави, Мадагаскар, ЦАР по 1, Сомали и Замбия по 2, Намибия и ЮАР по 12; Австралии – 22.

При этом интенсивная эксплуатация месторождений урана производится лишь в Канаде – 21 месторождение, США – 35, Бразилии – 4, Швеции – 1, Чехии – 5, Румынии – 2, Украине – 3, России – 16, Казахстане – 16, Узбекистане – 15, Китае – 11, Индии – 1, Нигере, Намибии и ЮАР по 12, Австралии – 22 [2].

Оценка запасов урана в разных странах постоянно изменяется из-за разведки новых месторождений и отработки старых. Кроме того, меняется оценка доступных для разработки запасов. Опубликованные данные по запасам урана весьма противоречивы. В доступных источниках можно найти иной порядок стран с наибольшими запасами диоксида урана: Австралия – США – ЮАР – Канада – Россия – Казахстан – Нигерия. Противоречие объясняется тем, что

данные по детально разведанным ресурсам урана, который можно выделить из руды по себестоимости не выше 100 \$/кг (общие запасы 3,3 млрд. кг в пересчете на U_3O_8), тогда как запасы никак не привязаны к цене добычи.

По объему разведанных запасов урана Монголия занимает одно из лидирующих позиций в мире. Однако в силу ее политической и территориальной изолированности между Россией и Китаем, сложных климатических и географических условий, низкой освоенностью населением территории и ресурсов страны, скорость ее экономического развития имеет невысокие темпы. В силу этого при колоссальных запасах стратегических полезных ископаемых текущая ситуация пока характеризуется низким уровнем освоения и скоростью окупаемости инвестиционных средств.

По результатам последних геологических исследований, разведанные запасы урана в Монголии составляют 1,475 млн. т. В стране уделяется огромное внимание исследовательским работам по поиску урана и активно предпринимаются шаги для эксплуатации этих ресурсов. В 2009 г. был принят закон «О Ядерной энергии» и определена Государственная политика по ядерной энергии и урановой промышленности. В этом же году была создана Государственная урановая энергетическая компания «Мон-Атом», которая функционирует с целью выполнения государственных задач в урановой отрасли и ядерной энергетике. «Мон-Атом» кроме доразведки месторождений, которые были открыты ранее, ведет активную деятельность по многим перспективным направлениям [3].

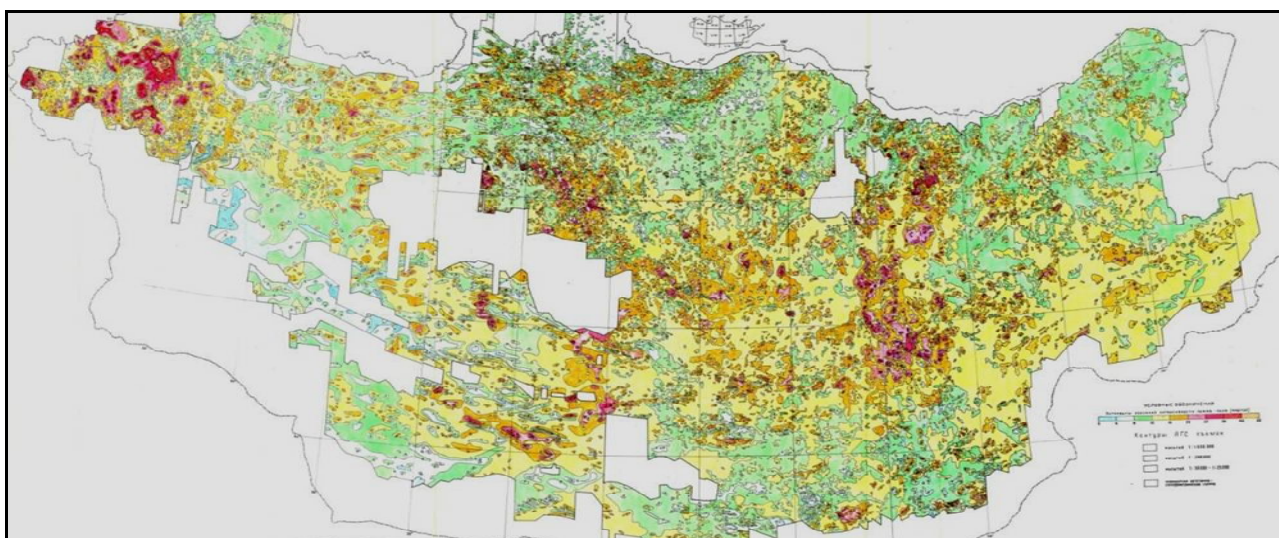


Рис. 1. Карта выявленных месторождений урана в Монголии

По количеству запасов урана на сегодняшний день Монголия входит в число 10 богатейших стран мира. Ближайшая перспектива страны – это занятие лидирующих позиций (3–5 места) среди стран-обладателей уранового сырья. Последние исследования показали, что Монголия в ближайшее время может войти в число передовых стран мира по добыче и переработке радиоактивных полезных ископаемых и редкоземельных элементов. Помимо зафиксированных

разведанных запасов урана Монголии в 1475,0 тыс. т. есть высокий потенциал разведки запасов в будущем [4].

Так, например, по проведенным последними буровым работам подтвержден прогноз о наличии значимой меридианальной зоны урановой минерализации, протяженностью не менее 1000 м с севера на юг при ширине 600–700 м в северо-восточной части Ульзитинской депрессии. Урановое оруденение месторождения «Ульзит» локализуется на трех гипсометрических уровнях 30–50 м, 90–130 м и 165–180 м и имеет литолого-фациальный и структурный контроль. Отдельные инрудные тела имеют мощность 0,2–7,0 м, находясь большей частью в проницаемой части осадочного разреза, и суммарную мощность по скважине до 10 м. Развитие ураноносной зоны оконтурено на восток, и частично на запад по профилям ПР-71 и ПР-40, а в районе ПР-70 зона меняет направление на северо-западное.

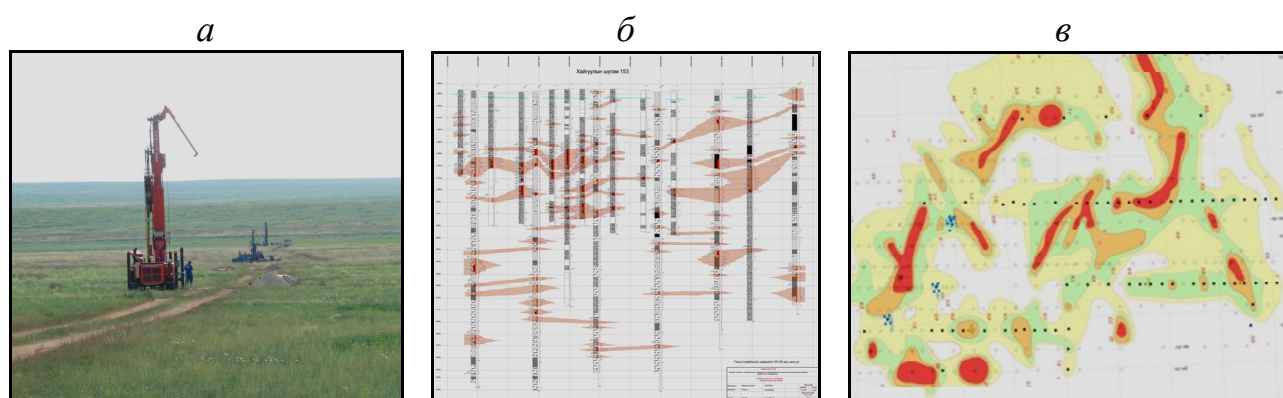


Рис. 2. Внешний вид буровых работ по профилю ПР-90 месторождения «Ульзит» (а), разрез вдоль профиля ПР-153 (б) и горизонтальная проекция рудных залежей (в) на месторождении «Хайрхан»

Комплекс геофизических и гидрогеологических исследований на месторождениях урана в Монголии при разведке рудных залежей, а также опробование рудного керна, водных проб и их лабораторные исследования позволили получить следующие результаты. На Хайрханской площади глубоким бурением на западном фланге месторождения «Хайрхан» установлены хорошие перспективы выявления новых рудных залежей на ранее неизученной глубине свыше 100 м. Полученные здесь результаты свидетельствуют о развитии гидрогенных уранорудных процессов по всей толще продуктивных на уран сероцветных отложений, мощность которых достигает 220 м.

В Чойренской депрессии на северо-восточном фланге месторождения «Хараат» подтверждено наличие новой рудной зоны, расположенной в переходной части разреза впадины от грубообломочных первичноокисленных красноцветных делювиально-пролювиальных отложений к мелко-тонкообломочным сероцветным осадкам аллювиально-озерных фаций. Рудная зона прослежена по простиранию на 2000 м и имеет ширину от 200 до 400 м. Оруденение располагается на разных уровнях, значительная часть его находится в обводненных условиях. Вновь выявленная рудная зона должна рассматриваться как резерв прироста запасов урана месторождения «Хараат». В Гурван-

Сайханской депрессии по результатам предварительной разведки рудной залежи 1 определены ее параметры, морфология, условия залегания и вещественный состав руд. По всем этим характеристикам данная залежь является полным аналогом рудных залежей месторождения «Хараат» и «Хайрхан» и имеет промышленную значимость.

В Ультзитинской депрессии в результате бурения на участке рудопроявлений «Шанд-Булак» и «Сульджур-Худук» установлены новые рудные тела с кондиционными параметрами. По данным последних лет здесь выделяется минерализованная зона протяженностью 1000 м и шириной 600 – 700 м. Оруденение располагается в трех интервалах глубин: 30 – 50 м, 90 – 130 м и 165 – 180 м. Руды локализуются, преимущественно, в проницаемых отложениях и находятся в обводненных условиях. На площади «Урт-Цав» в результате опытно-методических работ по геохимическому опробированию поверхности установлено, что выделенная здесь ранее ураноносная зона отмечается повышенными концентрациями не только урана, но и других элементов (Th, Rb, Cs, Cu, Zn, Pb, Ni, V). Данные элементы характеризуются устойчивой корреляционной связью с ураном и могут служить индикаторами гидрогенного урановорудного процесса. В дальнейшем геохимический метод наряду с другими методами можно использовать в качестве опережающего при поисках уранового оруденения в позднемезозойских впадинах Гоббийского района Монголии [5].

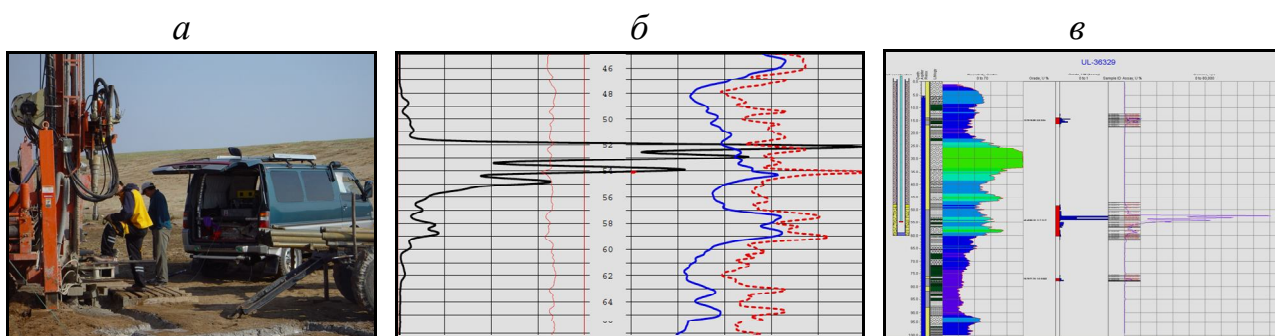


Рис. 3. Внешний вид каротажной станции, смонтированной на базе микроавтобуса (а), результаты геофизических исследований свойств рудо-породного массива методами гамма-каротажа (в) и электро-каротажа на месторождении «Ульзит»

Для всех гидрогенных месторождений Монголии – «Хараат», «Хайрхан», «Гурван-Сайхан» и «Ульзит» установлены показатели изменения ураносодержащих компонентов по площади и глубине распространения. Определены вид, структура и происхождение месторождений, а также вид, состав, количество, форма, размеры, содержание урана и гидрогеологические условия рудных тел (табл.).

Геотехнологические параметры вскрытия гидротермальных месторождений урана Монголии

Параметры месторождения	«Хараат»	«Хайрхан»	«Гурван-Сайхан»	«Ульзит»
Вид	Гидротермальное месторождение урана вида впадин древних рек			
Геологическая структура	Чойрская	Хайрханская	Гурван-Сайханская	Ульзитинская
Вмещающие породы	поздняя мезозойская котловина			
Происхождение	Осадочные, рыхлые породы (песок, алевроит, глина), русла впадины древних рек			
Минеральный состав руд	Экогенная минерализация, связанная с участками почвенного и поверхностного окислений			
	Рудосодержащих – обогащенный сульфидом песок, алевроит, глина, карбонатный органик			
Параметры рудных тел (вид, форма, размеры, среднее содержание урана)	Настуран, урановые черни, коффинит, отенит, уранофан, нингионит	Настуран, коффинит, отенит, уранофан	Настуран, урановые черни, коффинит, отенит	Урановые черни (Р-коффинит, нингионит), отенит
	Вид руд: алюмосиликатный, безкарбонатный			
Параметры рудных тел (вид, форма, размеры, среднее содержание урана)	Горизонтальные слои, лентообразные тела	Горизонтальные, ленто-, чечевицо-, слоистые и гнездообразные тела, роллы	Горизонтальные, слоистые, лентообразные тела	Горизонтальные, ленто-, чечевицо-, слоистые образные тела, роллы
	длина: 500 – 3000 м, ширина: 100 – 600 м, мощность: 0,6 – 42,5 м, содержание U: 0,036%	длина: 200 – 1200 м, ширина: 50 – 600 м, мощность: 0,5 – 22,0 м, содержание U: 0,066%	длина: 1500 – 3200 м, ширина: 100 – 900 м, мощность: 0,6 – 12,9 м, содержание U: 0,04%	длина: 4000 м, ширина: 300 – 800 м, мощность: 0,5 – 14 м, содержание U: 0,036%
Гидрогеологические условия	Руды расположены в водном слое			
	Водопроницаемость: 50 – 250 м ² /сут, коэф. фильтрации: 1 – 10 м/сут, минерализация: 3 – 7 г/л.	Водопроницаемость: 10 – 370 м ² /сут, коэф. фильтрации: 1 – 10 м/сут, Минерализация: 4 – 6 г/л.	Водопроницаемость: 17 – 29 м ² /сут, коэф. фильтрации: 4 – 7,6 м/сут, минерализация: 3 – 5 г/л.	Водопроницаемость: 0,2 – 5,3 м ² /сут, коэф. фильтрации: 0,1 – 1,2 м/сут, минерализация: 0,7 – 2,3 г/л.

Параметры вскрытия месторождений показывают, что они имеют идентичную природу происхождения. Это определяет сходный вид месторождений, геологическую структуру и состав вмещающих пород. Помимо этого, в одних рамках находятся параметры рудных тел, которые имеют типичный для гидрогенных месторождений урана вид и форму (горизонтальные, ленто-, чечевице-, слоевые и гнездо-образные тела, роллы), размеры (200–4000 м) и среднее содержание урана (0,036–0,066 %). Также установлено, что все рудные залежи расположены в водонасыщенном слое, который характеризуется следующими условиями: водопроницаемость 0,2–370 м²/сут, коэффициент фильтрации 0,1–10 м/сут, минерализация 0,7–7,0 г/л. Анализ параметров вскрытия месторождений «Хараат», «Хайрхан», «Гурван-Сайхан» более благоприятен, чем для «Ульзит». Это говорит о том, что технологические параметры по этим двум группам месторождений будут отличаться, и их обоснование должно выполняться отдельно.

Простое строение рудных тел с их ориентированным простиранием в плане и выдержанной мощностью, определяет выбор гексоганальной схемы разбивки залежи на добычные блоки. Ячейки закачных и откачных скважин должны располагаться вкрест простирания рудных тел с учетом направленности стока подземных вод, ориентированного вдоль рудовмещающей речной палеодолины. Расположение сети технологических скважин будет уточнено путем математического моделирования, а также выполнения подготовительных работ, проводимых перед началом добычи.

К настоящему времени на месторождении «Гурван-Сайхан» локализовано 4 рудных залежи, характеризующиеся промышленными параметрами. На трех залежах проведена предварительная разведка, по результатам которой определены запасы урана промышленной категории С, пригодные для подземного выщелачивания скважинным методом. Эти запасы составляют 2479,1 т. Их вполне достаточно для эксплуатации в течение более 10 лет с производительностью 100–200 т/год. Следует отметить, что на месторождении «Гурван-Сайхан» имеются реальные перспективы прироста запасов, на базе имеющейся, но пока не разведанной рудной залежи З, а также за счет исследования флангов рудных залежей данного месторождения.

По плану отработки на месторождении «Гурван-Сайхан» предусматривается подготовка добычного участка, на котором будет проводиться разработка урана, отсадка его на смолах с дальнейшим получением насыщенных растворов. Переработка растворов и получение готовой продукции в виде оксидокислота урана планируется на месторождении «Хайрхан», где будет работать завод по обогащению урана. Расстояние между участками месторождений «Гурван-Сайхан» и «Хайрхан» составляет 60 км. Такая схема отработки месторождений с производительностью 100 т/год и дальнейшим увеличением до 200 т/год представляется вполне рентабельной.

Месторождение «Гурван-Сайхан» по генезису, условиям локализации, вещественному составу руд, морфологии рудных залежей и другим характеристикам является полным аналогом месторождений «Хараат» и «Хайрхан». Ана-

логичной является и водная среда, которая может оказывать влияние на процесс подземного выщелачивания. Вода из водоносных горизонтов, вмещающих рудные тела, имеет сходный химический состав. Лабораторные тестовые испытания по выщелачиванию урана из руд месторождения «Гурван-Сайхан» также полностью подтверждают сходство в кинетике и пространственном характере выщелачивания урана. Наиболее эффективным для всех этих месторождений является кислотное выщелачивание с добавлением окислителя. Месторождения «Хараат», «Хайрхан» и «Ульзит» детально изучены, на них проведены натурные опытно-технологические исследования, по результатам которых определены схема и технология их отработки. Подобную схему и технологию добычи планируется использовать и на месторождении «Гурван-Сайхан».

Перед началом эксплуатации на всех месторождениях, в том числе на месторождении «Ульзит», будут проведены подготовительные работы, которые направлены на детальное изучение эксплуатационных блоков. При выполнении подготовительных работ будет тщательно изучаться характер распределения урана в рудах, динамика подземных вод, гидрогеологические характеристики вмещающих пород, технологические свойства руд и другие параметры. Этот этап работ является обязательным на месторождениях, эксплуатация которых предусматривается способом скважинного подземного выщелачивания. По результатам подготовительных работ уточняется схема расположения закачных и откачных скважин, их конструкция и глубина, рассчитываются дебиты скважин и, исходя из этого, определяется производительность фильтрационной установки по растворам. Также решается ряд других вопросов, связанных с технологическим процессом добычи.

Список литературы

1. Построение полного ЯТЦ: Национальная атомная компания «Казатомпром» – Режим доступа: http://www.kazatomprom.kz/ru/pages/Postroenie_polnogo_YaTTs
2. Мировая карта месторождений: Урановый холдинг «АРМЗ» – Режим доступа: <http://www.armz.ru/html5/map.php?lang=rus>
3. Жанчив Б. Монгол улсын ураны үйлдвэрлэл, Цөмийн эрчим хүчний салбарын Өнөөгийн байдал, хөгжлийн хэтийн төлөв / Б. Жанчив, О.Е. Хоменко, Л. Ценджав // Уул уурхайн сэтгүүл. Улаан-Баатар: ШУТИС-ийн УУИС – 2011. – №. 1. – Х. 25 – 29.
4. Жанчив Б. Современное состояние и тенденции развития урановой отрасли Монголии [Текст] / Б. Жанчив, О.Е. Хоменко, Ц. Лхагва // Міжн. наук.-техн. конф. м. Ялта: Арт-Пресс – 2011. – С. 122 – 125.
5. Хоменко О.Е. Исследование условий залегания, состава и свойств урановых месторождений Монголии [Текст] / О.Е. Хоменко, Л. Ценджав // «Форум гірників» Міжн. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ: РВК НГУ, – 2012. – Т. 1. – С. 120 – 125.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Рудаковим Д.В.
Надійшла до редакції 16.04.2013*