

*Исломбек Ядгаров*

*Руководитель группы по внедрению стандартов оценки активов и запасов Государственного предприятия «Навоийуран»*

*Рецензент – Б. И. Мирходжаев заместитель начальника отдела мониторинга ресурсов и резервов ГП «Навоийуран»*

## **МЕТОД ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА В УЗБЕКИСТАНЕ**

**Аннотация.** Статья посвящена методу подземного выщелачивания (ПВ) урана в Узбекистане, который является одним из наиболее экологичных и экономически эффективных способов добычи урана. Рассматриваются история внедрения метода, его технологические и экологические преимущества, роль Узбекистана на мировом рынке урана, а также перспективы дальнейшего развития с использованием инновационных технологий. Особое внимание уделено вопросам мониторинга и цифровизации, которые позволяют минимизировать воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слова:** уран, подземное выщелачивание, добыча, экология, инновации, Узбекистан, горная промышленность, цифровизация.

UDC 622.775

*Islombek Yadgarov*

*Head of the group on implementation of asset and reserve valuation standards of the State-owned Enterprise «Navoiuran»*

*Reviewer - B. I. Mirkhodjaev Deputy Head of the Resources and Reserves Monitoring Department of «Navoiuran» SoE*

## **URANIUM IN-SITU LEACHING METHOD IN UZBEKISTAN**

**Annotation.** The article focuses on the in-situ leach (ISL) method for uranium extraction in Uzbekistan, which is one of the most environmentally friendly and economically efficient mining techniques. The paper discusses the

history of ISL implementation, its technological and ecological benefits, Uzbekistan's role in the global uranium market, and future development prospects with innovative technologies. Particular attention is given to monitoring and digitalization processes that minimize environmental impact.

**Key words:** uranium, in-situ leach, mining, ecology, innovation, Uzbekistan, mining industry, digitalization.

УЎК 622.775

*Исломбек ЯДГАРОВ*

*«Навоийуран» давлат корхонаси активлари ва захираларини баҳолаш стандартларини жорий этиш гуруҳи раҳбари*

*Тақризчи - Б. И. Мирходжаев «Навоийуран» ДК ресурслари ва захиралари мониторинги бўлими бошлиғи ўринбосари*

## **О‘ZBEKISTONDA URANNI YER OSTI YO‘LI ORQALI QAZIB OLISH USULI**

**Annotatsiya.** Maqolada O‘zbekistonda uran qazib olishda keng qo‘llaniladigan yer osti yo‘li usuli haqida so‘z yuritiladi. Ushbu usul ekologik xavfsiz va iqtisodiy samaradorlik bo‘yicha yetakchi texnologiyalardan biri hisoblanadi. Ushbu ishda usulning tarixiy rivojlanishi, texnologik va ekologik afzalliklari, O‘zbekistonning jahon uran bozoridagi o‘rni hamda innovatsion texnologiyalar asosidagi rivojlanish istiqbollari muhokama qilingan. Atrof-muhitga ta’sirni minimallashtirishga qaratilgan monitoring va raqamlashtirish jarayonlariga alohida e’tibor qaratilgan.

**Tayanch so‘zlar:** uran, yer osti yo‘li, qazib olish, ekologiya, innovatsiyalar, O‘zbekiston, toshlar sanoati, raqamlashtirish.

**Введение.** Уран играет ключевую роль в мировой атомной энергетике, обеспечивая около 10% глобальной выработки электроэнергии [1]. Узбекистан, обладая значительными запасами урана, является одним из лидеров в его добыче. Современные методы, такие как подземное

выщелачивание (далее – ПВ), позволили стране не только укрепить свои позиции на мировом рынке, но и минимизировать экологические риски [2].

Государственное предприятие «Навоийуран» (далее – ГП «Навоийуран»), основанное в 2022 году, активно использует метод подземного выщелачивания, что делает Узбекистан примером успешного внедрения экологически безопасных технологий в добывающую промышленность.

**Подземное выщелачивание.** Прогрессивный метод в настоящее время широко применяется при добыче урана. Этот метод за короткое время прошел все стадии исследований, разработки и промышленного внедрения на гидрогенных месторождениях, залегающих в проницаемых осадочных породах депрессионных зон земной коры, где вскрытие, подготовка рудных тел и добыча урана осуществляются через скважины. Уже имеется большой положительный опыт добычи урана методом выщелачивания из труднопроницаемых руд, в которых проницаемость создается искусственным путем предварительного дробления их на месте залегания. Рассматривая метод подземного выщелачивания гидрогенных месторождений проницаемых руд, хотелось бы выделить некоторые важные аспекты, которые оказывают весьма существенное положительное влияние на экономические, социальные и экологические условия разработки месторождений урана. При использовании этого метода отпадает необходимость строительства дорогостоящих рудников или карьеров и гидрметаллургических заводов, расходования многих материалов; сокращается численность работающих на строительстве и при эксплуатации месторождений; увеличиваются природные сырьевые ресурсы в результате разработки месторождений с бедным и убогим содержанием урана в руде, залегающих в сложных гидрогеологических условиях (их разработка традиционными способами экономически невыгодна). При этом коренным образом улучшаются условия труда, обеспечивается более полное

использование богатств недр, сводятся к минимуму потери урана при добыче и переработке, извлекается металл из забалансовых руд. Метод подземного выщелачивания занимает важное место в охране окружающей среды, так как при его использовании поверхность земли и воздушный бассейн почти не загрязняются. Можно без преувеличения сказать, что разработка гидрогенных месторождений методом подземного выщелачивания резко изменит в лучшую сторону производительность силы и производственные отношения в уранодобывающей промышленности, что имеет исключительно важное экономическое значение. Перспективы развития добычи урана методом подземного выщелачивания поистине колоссальны. Гидрогенные месторождения урана в проницаемых осадочных толщах депрессионных зон земли [3].

**Урановые ресурсы Узбекистана.** С середины прошлого века Узбекистан ведет разработку урановых месторождений. Первое месторождение – Учкудук – стало отправной точкой для отрасли [4]. Сегодня в стране известно более 40 месторождений (рисунок 1), крупнейшие из которых расположены в Навоийской области.

Особенности залежей:

- урановые руды связаны с песчаниковыми месторождениями;
- глубина залегания варьируется от 200 до 700 метров;
- основные рудовмещающие породы: песчаники, алевролиты, глины [5].

**Метод подземного выщелачивания.** Метод подземного выщелачивания был внедрен в Узбекистане в 1994 году и стал основным способом добычи урана (рисунок 2) [6].

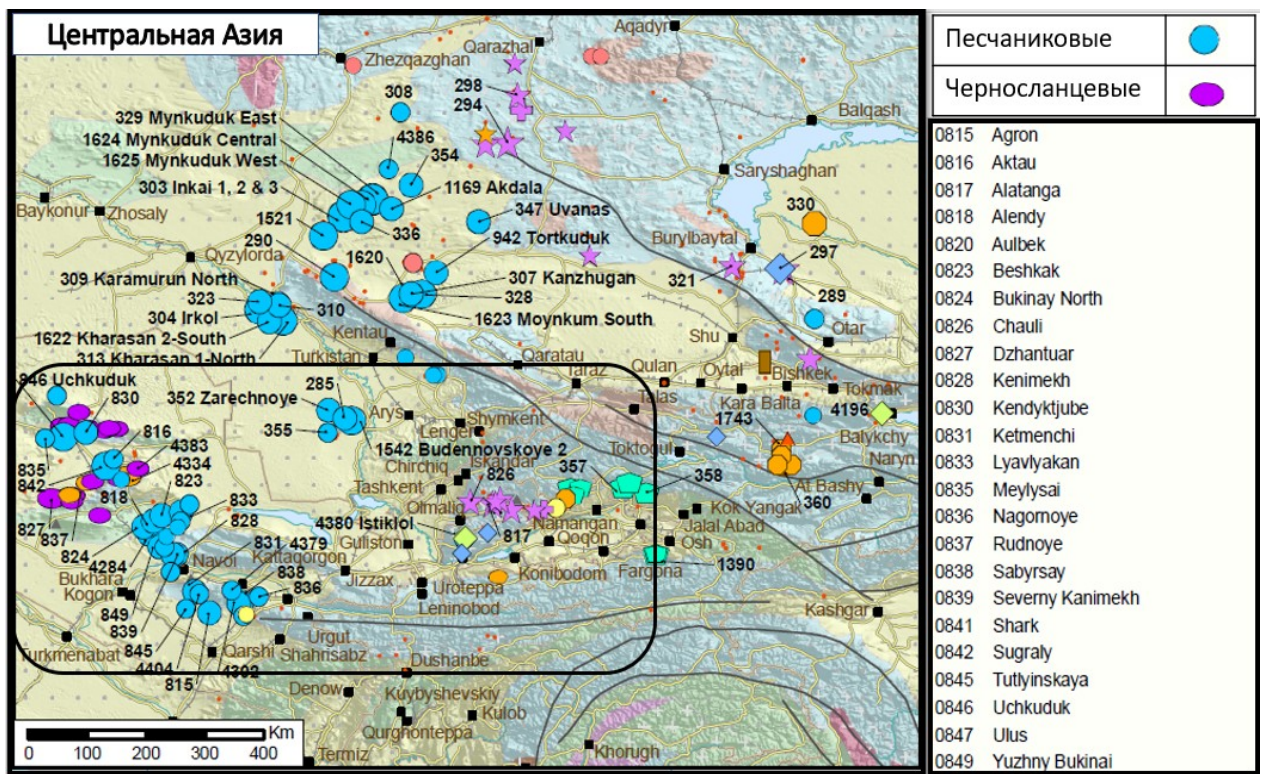


Рисунок 1: Карта месторождений урана в Узбекистане (World Distribution of Uranium Deposits. International Atomic Energy Agency (IAEA). Second edition. 2018).

Принцип метода:

1. Через пробуренные скважины закачивается химический раствор (чаще всего серная кислота).
2. Раствор вступает в реакцию с урановой рудой, образуя водорастворимые соединения.
3. Образовавшийся раствор с ураном извлекается на поверхность.
4. Уран извлекается из раствора на перерабатывающем заводе.

Преимущества метода:

1. Экологическая безопасность:
  - отсутствие карьеров и шахт;
  - минимальное воздействие на ландшафт.
2. Экономическая эффективность:
  - снижение затрат на переработку и транспортировку руды;
  - возможность применения на сложных геологических участках.
3. Высокая производительность:

- возможность добычи на больших глубинах.

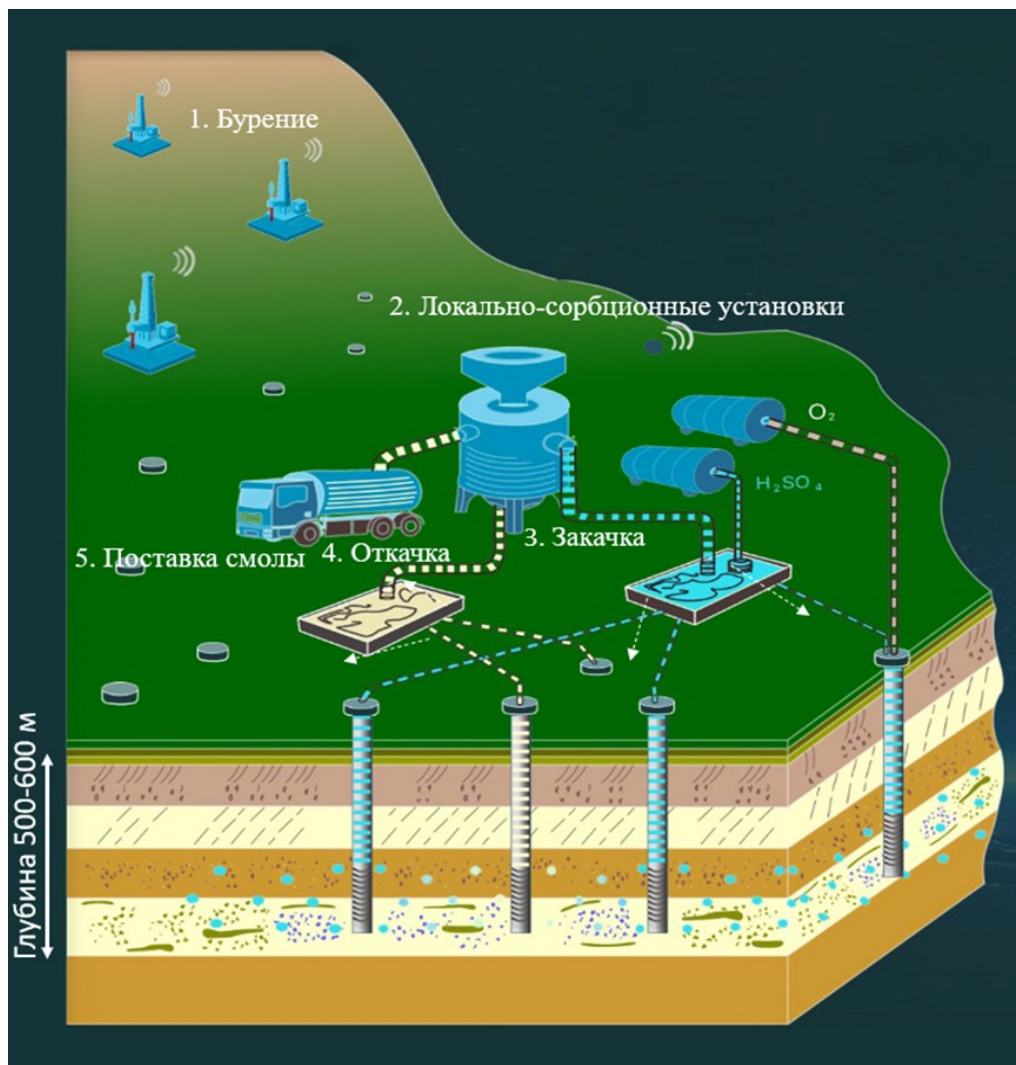


Рисунок 2: Схема метода подземного выщелачивания (автор – начальник отдела внедрения цифровой трансформации Проектного офиса ГП «Навоийуран» С. С. Адизов).

**Экологические аспекты.** Метод ПВ требует строгого контроля:

- за качеством химических растворов, чтобы избежать загрязнения подземных вод.
- за состоянием экосистемы после завершения работ;
- за соблюдением международных стандартов [7].

Узбекистан применяет системы мониторинга, которые позволяют своевременно предотвращать возможные риски.

**Цифровизация и перспективы.** ГП «Навоийуран» активно внедряет цифровые технологии:

- 3D-моделирование месторождений для точного планирования добычи;
- автоматизированный контроль в реальном времени для повышения эффективности процессов.

Эти инновации позволяют минимизировать человеческий фактор, повышая точность и безопасность операций.

**Заключение.** Метод подземного выщелачивания стал важным шагом в развитии урановой промышленности Узбекистана. Он обеспечивает экологически безопасную и экономически эффективную добычу, укрепляя позиции страны на мировом рынке урана. Благодаря внедрению современных технологий и строгому контролю за экологией, Узбекистан остается примером устойчивого развития в добывающей промышленности.

Разработка и внедрение метода подземного выщелачивания при добыче урана являются большим научнотехническим достижением горнорудной промышленности. Метод выщелачивания урана из рудных тел с естественной или искусственной созданной проницаемостью на месте их залегания имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами добычи. Это относится и к техникоэкономическим показателям, и к вопросам вовлечения в эксплуатацию месторождений бедных руд, залегающих в сложных горногеологических условиях. Велико социальное значение метода, выражающееся прежде всего в коренном изменении характера труда горнорабочих и значительном росте производительности труда. Велики преимущества метода ПВ и в области охраны окружающей среды.

В разработке и внедрении в производство метода подземного выщелачивания сделаны хотя и важные, но только первые шаги. Полученные к настоящему времени данные о закономерностях протекания процессов в ведрах и накопленный опыт эксплуатации месторождений позволяют вполне определенно говорить о несомненной перспективности метода и расширения границ его применения в будущем. Дальнейшее развитие метода связывается

с повышением достоверности геохимических и гидрогеологических исследований месторождений, углубленным изучением закономерностей протекания процессов в недрах в извлечения полезных ископаемых, с совершенствованием технологии и средств технического оснащения предприятий ПВ. Кажущаяся на первый взгляд простота схемы технологических процессов при подземном выщелачивании включает в себя сложные в взаимозависимые физикохимические процессы перевода полезного компонента в раствор в недрах земли. Процессы протекают благодаря искусственно созданным геохимическим условиям в разрабатываемом рудном теле и в то же время во многом определяются совокупностью природных факторов гидрогеологического характера. Следовательно, оптимальный режим протекания процессов в рудном теле и возможность управлять им находятся в прямой зависимости от глубины и полноты знаний как природных условий месторождения, так в закономерностей их изменения при создании геохимической обстановки для извлечения полезного ископаемого. При масштабах добычи урана подземным выщелачиванием большое значение приобретают автоматизированные системы управления технологическими процессами. В дальнейшем роль этих систем будет увеличиваться особенно в связи с необходимостью уточнения взаимосвязи между факторами, влияющими на процесс ПВ, и принятия на основе выявленных зависимостей решений по оптимизации условий эксплуатации [3].

### **Литература.**

1. International Atomic Energy Agency (IAEA). «World Distribution of Uranium Deposits» Second Edition, 2018.
2. Н. П. Никитин. Современные методы добычи урана и их влияние на экологию. – М.: Наука, 2016.
3. В. А. Мамилова. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980.



4. О. И. Иванов. История разработки урановых месторождений Узбекистана. – Ташкент: Узбекское издательство, 2011.

5. А. А. Кириллов. Основы геологии и разведки месторождений урана. – Москва: Недра, 2005.

6. А. В. Григорьев. Методы и технологии подземного выщелачивания урановых месторождений. – Санкт-Петербург: Наука, 2012.

7. М. В. Колесников. Экологические аспекты применения метода подземного выщелачивания. – Екатеринбург: УГГУ, 2017.