

УДК 622.234/42

**В.М. Лизункин, А.А. Морозов, А.А. Гаврилов**

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА НА «ПРИАРГУНСКОМ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОМ  
ОБЪЕДИНЕНИИ»**

*Рассмотрен опыт шахтного выщелачивания урана (месторождений Быкогорского, Чаркесар I и II, Ризак, Киик-Тал, Восток, Звездное), а также опытно-промышленных работ*

*Ключевые слова: атомная энергетика, забалансовые руды, гнездово-вкрапленные текстуры, молибден, настуран.*

---

**А**томная энергетика сегодня является единственной реальной альтернативой топливным электростанциям. Она производит наиболее дешевую электроэнергию, а также не зависит от цен на углеводородное сырье. Однако, в настоящее время Россия в состоянии обеспечить лишь 20 % своих суммарных потребностей в первичном уране, необходимого для предприятий ядерно-топливного цикла, что требует развития и освоения минерально-сырьевой базы [1].

Основная часть (до 90 %) балансовых запасов урана России представлена группой сближенных месторождений Стрельцовского рудного поля, эксплуатируемого ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ОАО «ГПХО»). Однако имеющаяся сырьевая база в существенной мере истощена, т.к. в девяностые годы XX в. осуществлялась выборочная отработка богатых руд по причине сложившихся сложных экономических условий. В результате запасы собственно богатых и крупных месторождений оказались в значительной мере погашенными.

Среднее содержание в остаточных запасах в настоящее время снизилось на 36 % относительно начала отработки [2]. Кроме того, на ряде месторождений оставлены запасы бедных и забалансовых руд в виде обособленных залежей, отдельных блоков, ореолов в обрушенных блоках, отработка которых по экономическим (колебание цен, возрастание себестоимости добычи природного урана) и горно-геологическим (уменьшение мощности рудных тел, понижение глубины разработки, проявление горного давления, горных ударов) причинам традиционным способом не представляется возможной. Запасы руды в них составляют до 20 % и содержат 15—17 % урана от общего объема. Количество металла в бедных и забалансовых рудах Стрельцовского рудного поля сравнимо с запасами нескольких крупных месторождений, для разведки и вскрытия которых потребовались бы значительные средства.

Вмещающие породы бедных и забалансовых руд всех месторождений, обрабатываемых ОАО

«ППГХО», представлены осадочно-вулканогенным комплексом и гранитами. Осадочно-вулканогенный комплекс пород сложен фельзитами, липаритами, трахидацитами, андезитами, базальтами и некоторыми другими разностями. Общие особенности осадочно-вулканогенных образований — слоистое строение, резкое преобладание эффузивных пород (осадочные породы составляют не более 10 %), развитие почти исключительно покровных фаций эффузивов. Граниты представлены крупнозернистыми порфиридовидными и среднезернистыми биотитовыми разностями, содержат многочисленные небольшие и крупных размеров ксенолиты метаморфизированных осадочных пород.

Рудами являются все литологические разности пород с разнообразными как по форме, так и по размерам порами, кавернами и трещинами, которые влияют на скорость проникновения растворителя вглубь рудного куска при выщелачивании. Так, для «упорных» руд (гранитов) она составляет 5—6 мм/год, для легковыветриваемых (фельзитов, конгломератов) — 10—15 мм/год.

Минералогический состав руд, несмотря на обилие минеральных ассоциаций, сравнительно прост и довольно близок между собой для всех месторождений и различных литологических разностей. Главными минералами, слагающими руды, являются: полевые шпаты, кварц, гидрослюда, хлорит и некоторые другие.

Основным рудным минералом в первичных рудах является урановая смолка, в незначительных количествах присутствует уранит, коффинит, титанаты урана. Последние более характерны для глубоких го-

ризонтов месторождений Антей и Аргунское.

Урановая смолка образует эмульсионную, тонкодисперсную, мелкую и крупную вкрапленность, гнезда, отдельные прожилки. Эмульсионные и тонковкрапленные текстуры руд характерны для всех рудовмещающих пород, особенно для флангов рудных тел при переходе руды к безрудным участкам. Прожилковые текстуры руд в сочетании с вкрапленными наиболее типичны для андезито-базальтов, широко развиты также в трахидацитах, конгломератах, гранитах. Для гранитов, кроме того, характерны гнездово-вкрапленные текстуры руд.

Зона окисления на месторождениях рудного поля имеет небольшое распространение. Большая часть запасов залегает ниже зоны окисления и сложена первичными рудами. Зона гипергенеза распространяется на глубину до 100 и более метров, опускаясь до 300...400 м лишь по отдельным нарушениям. По химизму зона окисления является гидроокисно-силикатной. Среди вторичных урановых минералов, распространенных в зоне окисления, встречаются уранофан, отенит, гидронастуран, урановые черни и ряд других.

По химическому составу руды месторождений относятся к алюмосиликатному типу с небольшим содержанием флюорита, карбонатов и сульфидов. Исключением являются руды Аргунского месторождения, основные запасы которых приурочены к доломитизированным известнякам и выделены в обособленный карбонатный сорт. Главными рудными минералами в доломитизированных известняках являются настуран, коффинит, молибденит, пирит и галенит.

Таблица 1

## Опытно-промышленные работы по подземному выщелачиванию на ОАО «ППХО»

Наименование показателей	Ед. изм.	Месторождение				
		Юбилейное	Весеннее	Новогоднее	Лучистое	
<i>Геологическая характеристика</i>						
Рудовмещающие породы		Фельзиты	Конгломераты, туфопесчанки	Фельзиты, лавобрекчии фельзитов	Фельзиты, туфы фельзитов, сероцветные конгломераты, пестроцветные гравелисты, сероцветные конгломераты	Грахитацисты, базальты, андезиты-базальты
<i>Характеристика рудных тел</i>						
Форма		Жило-, линзо- и гнездовые	Пластообразные	Жило-, линзо- и гнездовые	Жилообразные и штокверкоподобные	Жилообразная, ослаженная многочисленными апофизами
Мощность	м	Мощные	Маломощные (от 0,6 до 4,65 м)	От маломощных до мощных	Мощные и средней мощности (от первых метров до 15 — 25 м)	От маломощных до мощных (от 0,4 до 25 — 30 м)
Угол падения	м	Крутопадающие	Пологие (10 — 15 °)		Крутопадающие	
<i>Характеристика урановых минералов</i>						
Состав		Настуран, коффинит, гидронастуран	Настуран, уранофан	Настуран	Настуран, коффинит, браннерит	Настурановые, коффинит и браннерит
Текстура		Прожилковая	трещиноватая, крупновкрапленая	крупновкрапленая	Брекчиевые, прожилковые, а также гнездовывкрапленные	Мелковкрапленная, реже прожилковообразная и гнездовывкрапленная, рассеяная
<i>Технологическая характеристика процесса ПВ</i>						
Количество руды	т	850000	33049	1026422	186883	136600
Содержание	%	0,023	0,149	0,046	0,129	0,056
Соотношение Ж:Т		2,7	18,87	1,31	17,1	4,69
Со среднее содержание урана в них	г/дм <sup>3</sup>	85	61,7	58,65	59,9	56,1
Расход H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	кг/кг U	35,0	40,5	37,5	70	63,2
Извлечение урана	%	88,6	55,1	34,6	55,51	41,9

Жильные минералы представлены кварцем, флюоритом, кальцитом, гидрослюдами и каолинитом.

Сопутствующим полезным компонентом в значительной части урановых руд, имеющим промышленное значение, является молибден, в связи с чем выделяется молибдено-урановый технологический сорт руд. Молибден, как сопутствующий компонент, присутствует в различных концентрациях в рудах многих месторождений и содержится в двух минералах — молибдените и иордизите. В большинстве случаев контуры распространения молибдена не выходят за пределы урановых рудных тел.

Анализ отечественного и зарубежного опыта шахтного выщелачивания урана (месторождений Быкогорского, Чаркесар I и II, Ризак, Киик-Тал, Восток, Звездное и других [3—6]), а также опытно-промышленные работы, проводимые на объединении с 1986 по 2006 гг., свидетельствуют о благоприятных предпосылках вовлечения в добычу методом подземного выщелачивания (ПВ) указанных неактивных запасов металла в бедных и забалансовых рудах (табл. 1) [7, 8].

Однако широкомасштабного применения предлагаемого метода отработки запасов не последовало из-за низкого коэффициента извлечения металла ( $\approx 50\%$ ) вследствие различных технических, горно-геологических и технологических причин. Основными из них являются: переуплотнение замагазинированной горной массы в результате неудовлетворительной подготовки блока, образование проточных каналов в рудном магазине, кольматация, плохая аэрации подготовлен-

ной горной массы, выход оборудования из строя и другие.

Тем не менее, все выше перечисленное не означает, что необходимо отказаться от поиска более эффективной технологии ПВ. Прежде всего, следует определить рациональные схемы подготовки обособленных и сближенных рудных тел. При этом применение высокопроизводительного самоходного бурового и погрузочно-доставочного оборудования для отбойки руды позволит существенно сократить затраты на подготовку блоков к выщелачиванию. Полноту извлечения полезного компонента (до 70—75 %) можно увеличить, как показывает современный отечественный и мировой опыт, за счет активации растворов физическими полями (ультразвук, электрический разряд и т.п.), использования дешевых поверхностно-активных веществ (ПАВ) (например, неионогенных на основе фенолов и гуминовых соединений, получаемых из углей Уртуйского месторождения, разрабатываемого ОАО «ППГХО»), применения технологии выщелачивания на основе передвижных дробильных комплексов [9].

Предварительные расчеты показывают, что при реализации таких мероприятий выемка бедных и забалансовых руд становится рентабельной, а вовлечение их в отработку позволяет существенно расширить минерально-сырьевую базу предприятия. Кроме того, ПВ имеет перспективу и на резервных месторождениях, таких как Горное, Оловское, и других, представленных рядовыми и бедными рудами, благоприятными для физико-химической технологии по своим природным свойствам и геотехнологическим показателям.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Путинцева, Н.В.* Перспективы России на возрождающемся урановом рынке / Н.В. Путинцева. — Минеральные ресурсы России. Экономика и управление — М.: — № 1. — 2006.
2. *Шумилин М.В.* проблемы развития добычи урана в России и обеспечения баланса реального предложения и спроса / М.В. Шумилин — Минеральные ресурсы России. Экономика и управление — М.: №5. — 2006.
3. *Котенко Е.А.* Горное дело и атомная энергия / Е.А. Котенко. — М.: Изд-во МГТУ, 2001. — 197 с.
4. *Лунев Л.И.* Шахтные системы разработки месторождений урана подземным выщелачиванием / Л.И. Лунев. — М.: Энергоиздат, 1982. — 127 с.
5. *Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания* / В.Н. Мосинец [и др.]; под ред. В.Н. Мосинца. — М.: Недра, 1987. — 304 с.
6. *Опыт выщелачивания урана на горнодобывающих предприятиях бывшего СССР* : отчет о НИР / исполн.: ГУП НПЦ «Экогеоцентр». — М.: 2000.
7. *Результаты работы участка подземного выщелачивания рудника №2 УГРУ* : отчет о НИР / ЦНИЛ, «ППГХО» ; рук. В.И. Култышев ; исполн. : А.А. Морозов [и др.]. — Краснокаменск, 2001. — Фонды ЦНИЛ.
8. *Отчет о результатах опытно-промышленных работ по подземному выщелачиванию разрыхленных скальных руд месторождения «Стрельцовское»* / ЦНИЛ, «ППГХО» ; рук. В.И. Култышев ; исполн. : А.А. Морозов [и др.]. — Краснокаменск, 2006. — Фонды ЦНИЛ.
9. *Пат. № 2295032*, Российская Федерация, МКИ<sup>7</sup> Е 21 В 43/28. Способ подземного выщелачивания крепких и упорных руд / В.М. Лизункин, А.С. Зинкевич, В.А. Овсейчук, А.А. Морозов. — заявл. 27.06. 2005, опубли. 10.02 2007. **РИАБ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Лизункин В.М.* — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»,  
*Морозов А.А.* — кандидат технических наук, заведующий геотехнологической лабораторией ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение»;  
*Гаврилов А.А.* — аспирант,  
Читинский государственный университет, root@techuniv.chita.ru



---

## ДИССЕРТАЦИИ

### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА</b>			
ФЕДОРОВ Борис Владимирович	Разработка комплекса технических средств для сооружения и освоения технологических скважин	05.05.06	д.т.н.