

УДК 622.775:622.272:622.271

**А.И. Заболоцкий, Р.И. Хамитов, К.А. Заболоцкий**  
**ПОДЗЕМНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ НИКЕЛЯ**  
**ИЗ СИЛИКАТНЫХ РУД НИЖЕ ДНА КАРЬЕРА.**  
**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**  
**ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Проведены испытания геотехнологических способов обработки Рогожинского месторождения силикатного никеля с целью поиска экономически выгодных технических, технологических и экологических решений по добыче никеля из некондиционных коренных руд способом подземного выщелачивания, и из техногенных отвалных руд способом кучного выщелачивания.*

*Ключевые слова: месторождение, добыча, цветные металлы, карьер, скважина, безрудные породы.*

---

**В** настоящее время, в связи с удорожанием стоимости цветных металлов на рынке сырья, возник острый интерес к добыче полезных компонентов методом подземного выщелачивания. Это объясняется очевидными преимуществами подземного выщелачивания перед традиционными способами добычи полезных ископаемых.

Рогожинское месторождение силикатного никеля расположенное в Уфалейском районе Челябинской области, частично отработано карьером в период с 1976 по 1988 гг. Остаточные запасы ниже дна карьера списаны с баланса как непромышленные (шлакообразующая руда).

С марта 2007 года и по настоящее время ведутся опытно-промышленные испытания геотехнологических способов обработки Рогожинского месторождения силикатного никеля предприятием ООО ГРП «НИКО». Цель испытаний: поиск экономически выгодных технических, технологических и экологических решений по добыче никеля из некондиционных коренных руд способом подземного

выщелачивания, и из техногенных отвалных руд способом кучного выщелачивания.

Программа технологических испытаний подразделяется на производственную и научно-исследовательскую части. Производственная часть преследует цель получения в конечном итоге исходных данных для проектирования промышленного предприятия. Научно-исследовательская часть предназначена для решения задач по совершенствованию отдельных узлов и процессов и выполняется параллельно с производственной частью. В целом программа разработана в соответствии и применительно к известным геолого-гидрогеологическим и экологическим условиям, выявленным в процессе лабораторных исследований и непосредственно на месторождении. Объектом проведения опытно-промышленных работ выбран участок в северо-восточной части месторождения (карьера) по разведочным линиям XIV и XIII. Участок по всем основным геологическим характеристикам является представительным для большей части месторождения.

*Гидрогеологические условия Рогожинского месторождения* определяют следующие требования к системам отработки и их элементам:

- система отработки должна обеспечивать создание выщелачивающих потоков, как в инфильтрационном, так и в фильтрационном режимах;

- система отработки должна обеспечивать надежное управление контуром выщелачивания в условиях наличия естественного потока и связи с поверхностными водами, что предполагает применение барражных завес, активное использование потока и другие приёмы для управления процессом в недрах;

- система отработки должна быть оптимально адаптирована к фильтрационной неоднородности массива, в том числе техногенной, чтобы эффективно использовать ее для оптимизации процесса.

С учетом существующего естественного и техногенного рельефа, а также экологических условий на стадии опытно-промышленных работ на рассматриваемом объекте испытываются различные системы отработки.

Основной особенностью отработки Рогожинского месторождения, связанной с тем, что основная часть месторождения расположена ниже дна существующего карьера, является наличие подпора подземных вод. В связи с нарушением естественного рельефа (дно карьера примерно совпадает с базисной поверхностью данной территории) уровень подземных вод претерпел изменение таким образом, что для окружающих пород Рогожинский карьер является локальной замкнутой областью разгрузки подземных вод.

С технологических и экологических позиций у такого положения месторождения можно выделить как положительные, так и отрицательные

моменты. С одной стороны наличие подпора затрудняет создание экономически эффективной системы отработки, позволяющей равномерно проработать всю горнорудную массу, поскольку большинство технологических скважин характеризуются низкой приёмистостью из-за высокого уровня подземных вод. Кроме того, в настоящий момент, дно карьера на 2/3 затоплено в силу указанных выше причин. Всё это требует разработки специальных мероприятий, безусловно, влияющих на привлекательность месторождения в целом.

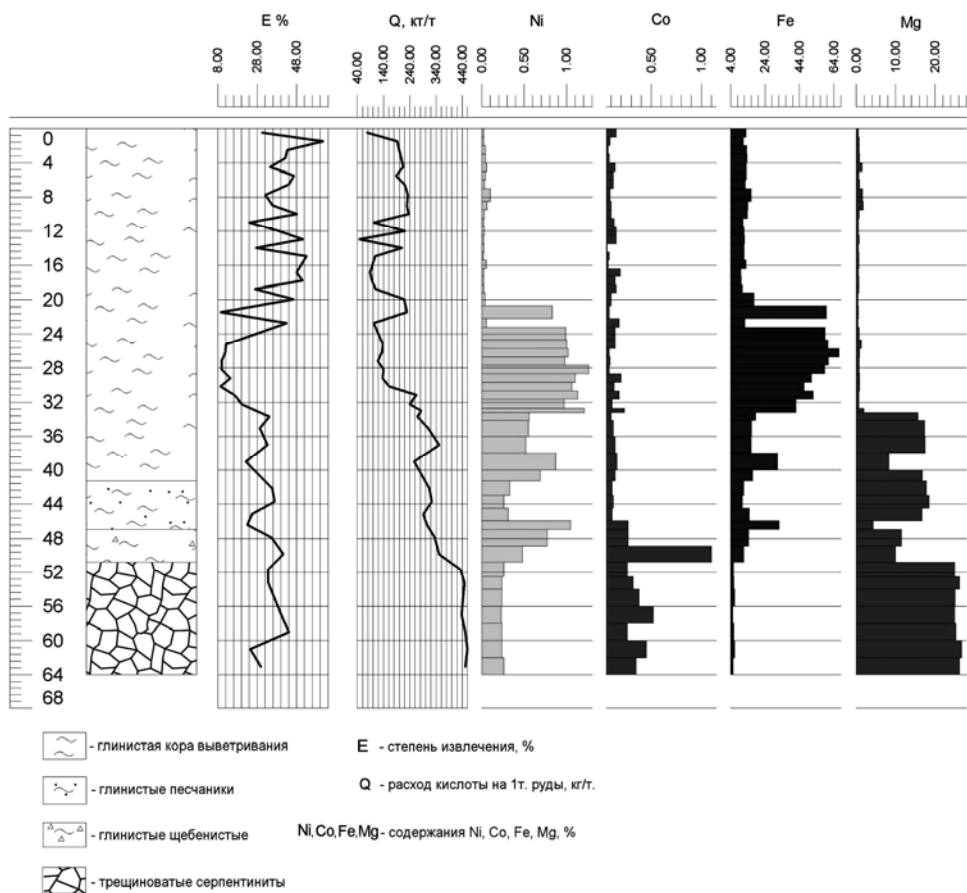
С другой стороны, подобные гидрогеологические условия месторождения в значительной степени подразумевают экологическую безопасность объекта, поскольку никакие аварийные ситуации, никакие технологические утечки не могут повлиять на местную гидрографическую сеть и подземные воды. Тоже можно утверждать и об почвенно-растительном слое и атмосферном воздухе, существующим карьером.

В целом, говоря о применении подземного выщелачивания ниже дна существующего карьера, можно считать, что особенности горно-геологических условий в первом приближении усложняют отработку месторождения, однако не становятся непреодолимыми препятствиями.

*Предварительные результаты геотехнологических исследований*

Основное отличие технологии подземного выщелачивания от заводской в части химии перехода компонентов в раствор – это температура среды и скорость реакций, проходящих в естественных условиях. Также очевидно, что при низких температурах могут доминировать иные реакции.

Вследствие вышесказанного для условий ПВ оказывается непримени-



#### Технологическая колонка по СКВ-4

мой существующая геолого-технологическая типизация руд; для успешного ведения процесса необходимо знание технологических свойств и пространственного размещения руд, обладающих сходными технологическими свойствами.

На стадии разведки и опытно промышленных работ огромное внимание уделено выделению различных типов руд Рогожинского месторождения для целей подземного выщелачивания, исследованию их пространственного размещения и процессов выщелачивания в естественных условиях.

Исследования руд проводились по двум направлениям:

поинтервальное технологическое опробование – тестирование руд по интервалам геологического опробования в одинаковых условиях;

изучение технологических свойств руд, выбор режимов выщелачивания – выщелачивание групповых проб выделенных типов руд в различных условиях.

Второе направление настолько обширно, что в данной статье не имеет смысла даже пытаться его раскрыть, кроме того, большая часть исследований в этой области не завер-

**Разведочная скважина №4. Технологические показатели выщелачивания руд в лабораторных условиях**

Показатели	Типы руд		
	Магнезиальные	Железистые	Трещиноватые серпентиниты
Среднее содержание никеля в руде, %	0,37	0,88	0,3
Среднее содержание железа в руде, %	11,51	49,35	6,08
Среднее содержание кобальта в руде, %	0,12	0,12	0,012
Среднее содержание магния в руде, %	17,15	1,87	22,90
Степень извлечения, %	34,84	18,87	34,30
Расход H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Кг/т. руды	323,04	222,30	446,66
Удельный расход H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> кг/кг. Ni	255,88	129,86	571,73
Ж: Т	3	3	3
Концентрация в растворах, г/л.	0,3	0,4	0,4

шена, поэтому здесь мы коснёмся лишь поинтервального тестирования

Задачей технологического опробования является определение технологических свойств пород, пространственно соответствующих интервалам геологического опробования с целью систематизации пород по технологическим признакам, выделения типов руд, обладающих сходными технологическими свойствами и их оконтуривания для добычи методом ПВ.

Данному виду тестирования подвергаются все пробы разведочных скважин, отобранные и задокументированные геологической службой.

Материалом для опробования служили дубликаты проб керна скважин фракции –3 мм, подготовленных для определения основных. Пробы подвергались агитационно-статическому выщелачиванию растворами серной кислоты с концентрацией 50 г/л при Ж/Т=3. Масса навесок – 500 г.

Периодически, с интервалом 1—2 месяца, производилось опробование

жидкой фазы с определением концентрации Ni, Fe, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

После этого, как правило, производилось доукрепление растворов до заданной концентрации серной кислоты путем добавления в пробы расчетных доз концентрированной серной кислоты.

Результаты технологического тестирования рассмотрим на примере разведочной скважины №4.

На рисунке приведена технологическая колонка скважины, на которую были вынесены литологическая характеристика пород, содержания Ni, Co, Fe и Mg в процентах и два технологических показателя – степень извлечения (e, %) и расход кислоты (Q, кг/т), достигнутые за 5 месяцев в агитационном режиме.

По результатам тестирования в скважине выделено три типа руд, а также безрудные породы, что хорошо видно на рисунке.

Интервал 0 — 22 м представляет собой глинистую кору выветривания

по безрудным сланцам. Содержания никеля и кобальта не превышают 0,1 %, технологические показатели изменяются хаотично.

Интервал 22 — 34 м – железистый тип руд. Высокие содержания никеля (до 1 %) и железа (до 64 %). Руда упорная – степень извлечения не превышает 10-12 %, кислотоёмкость 130-160 кг/т.

Интервал 34 — 50 м – магнезиальный тип руд. Соотношение никель-железо резко изменяется, содержания никеля и кобальта снижаются. Выщелачивается этот тип руд значительно легче ( $\epsilon \approx 25-30 \%$ ), однако и расход кислоты соответствующий 240-340 кг/т.

И, наконец, интервал 50 – 64 м – представлен трещиноватыми серпентинитами. Содержание никеля на уровне фоновых значений 0,2-0,3 %. Рекордная степень извлечения 30-35 %, реагентоёмкость более 400 кг/т.

Проведённое поинтервальное тес-

тирование всех разведочных скважин является одним из основных видов исследований на стадии разведки месторождений применительно к способу подземного выщелачивания, поскольку детальное расчленение разреза по технологическим свойствам позволит дать принципиальную оценку возможности применения подземного выщелачивания для его отработки. С учётом приведённого примера, очевидно, что оценка экономического эффекта подобных объектов невозможна без проведения описанных исследований.

Кроме того, технологическое тестирование является основой для дальнейших работ, в частности картирование технологических свойств месторождения позволит разработать максимально эффективную систему отработки месторождения. **ГИАС**

### Коротко об авторах

*Заболоцкий А.И.* — кандидат технических наук, зам. начальника горного управления ООО «Уралэлектромедь» г. Екатеринбург;

*Хамитов Р. И.* — аспирант кафедры РРМ, УГГУ;

*Заболоцкий К.А.* — аспирант кафедры ГИГ, УГГУ, office@ursmu.ru



### СТАРЕЙШИЕ ИСПАНСКИЕ ЖУРНАЛЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ

1. «Boletín Geológico y Minero» (Бюллетень по геологии и горному делу). Издаётся с 1874 г.
2. «Industria Minera» (Горная промышленность). Издаётся с 1958 г.

