

УДК 622.775

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

Представлены результаты предварительного этапа геотехнологических исследований силикатных никелевых руд Погожинского месторождения. Планируется отработка остаточных запасов руд ниже дна карьеров способом подземного выщелачивания.

Ключевые слова: силикатный никель, подземное выщелачивание, технологическое тестирование, картирование месторождения.

Семинар № 22

**R.I. Hamitov, K.A. Zabolotskiy,
A.I. Zabolotskiy**

**THE UNDERGROUND NICKEL
LEACHING FROM THE SILICATE
ORES UNDER THE PIT BOTTOM. THE
PRELIMINARY RESULTS OF THE
GEOTECHNOLOGICAL STUDIES**

The results of the preliminary stage of the geotechnological studies of the silicate nickel ores of the Pogozhinskogoe deposit are presented. The mining of the remaining ore reserves below the pit bottom by the underground leaching is planned.

Key words: silicate nickel, underground leaching, technological testing, deposit mapping.

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 об-

ласти, частично отработано карьером в период с 1976 по 1988годы. 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 отработки 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 приемы 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 прибли-

жении 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 неприменимой 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:

1. Поинтервальное технологическое опробование – тестирование руд по интервалам геологического опробования в одинаковых условиях;

2. 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 завершена, 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 $J/T=3$. Масса навесок – 500 г.

Периодически, с интервалом 1-2 месяца, производилось опробование жидкой фазы с определением концентрации Ni, Fe, H_2SO_4 .

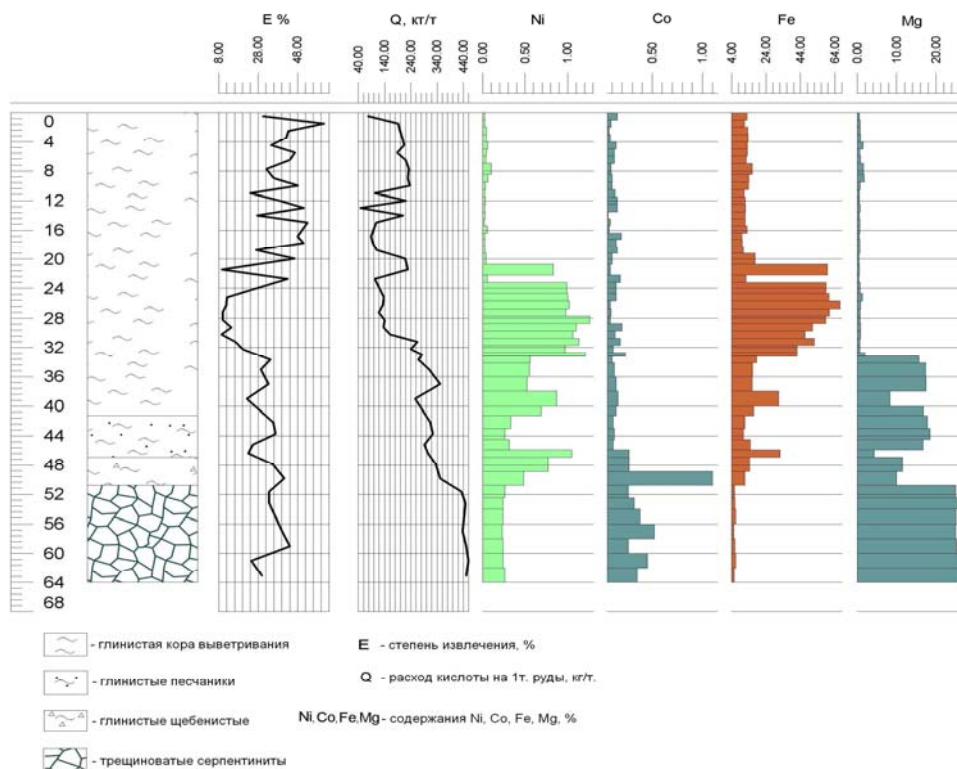
После этого, как правило, производилось доукрепление растворов до заданной концентрации серной кислоты путем добавления в пробы расчетных доз концентрированной серной кислоты.

Результаты технологического тестирования рассмотрим на примере разведочной скважины №4.

На рисунке 1 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.

Технологическая колонка по СКВ-4



Интервал 0 - 22 метра 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 – магниальный тип руд. Соотношение никель-железо резко изменяется, содержания никеля и кобальта снижаются. Выщелачивается этот тип руд значительно легче ($e \approx 25-30\%$), 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 тестирование 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, оче-

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 ₂ SO ₄ Кг/т. руды	323,04	222,30	446,66
Удельный расход H ₂ SO ₄ 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

видно, что оценка экономического эффекта подобных объектов невозможна без проведения описанных исследований.

Кроме того, технологическое тестирование является основой для дальнейших работ, в частности кар-

тирование технологических свойств месторождения позволит разработать максимально эффективную систему отработки месторождения.

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

Коротко об авторах

Заболоцкий А.И. – кандидат геолого-минералогических наук, технический директор ООО ГРП «НИКО», a.zabolockii@ugmk.com
Заболоцкий К.А. – аспирант, Уральский государственный горный университет, Zabolotski-k@mail.ru
Хамитов Р.И. – аспирант каф. РРМ, Уральский государственный горный университет.

