

УДК 622.234.42

Шарафутдинов Улугбек, Намазбаев Шароф
(НГМК, г. Навои)

Хужаев Жасур, Суннатуллоев Шокиржон
(НГГИ, Навои)

Sharafutdinov Ulugbek, Namazbaev Sharof
(NMMC, Navoi)

Khujaev Jasur, Sunnatulloev Shokirjon
(NSMI, Navoi)

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПРИ ПОДБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ПВ В НГМК

AN INTEGRATED APPROACH IN THE SELECTION OF TECHNOLOGIES OF MINING BY UL METHOD IN NMMC

Аннотация

Долгое время в практике подземного выщелачивания высококарбонатные руды были отнесены в технологический забаланс. Поскольку высокая реагентоемкость пород и интенсивная кольматация не позволяли эффективно отрабатывать запасы традиционным сернокислотным способом.

Abstract

For a long time in the practice of in-situ leaching high carbonate ore were attributed to technological balance as high rocks reagent absorption capacity and intense colmatation cannot effectively fulfill the stocks with the traditional sulphuric-acid process.

Уже более 20 лет уран в Навоийском ГМК (НГМК) добывается только способом подземного выщелачивания (ПВ), поскольку горным способом отрабатывать оставшиеся бедные, сильно обводнённые со сложными горно-геологическими условиями залегания руд месторождения не только экономически не выгодно, а и практически невозможно. Других способов, кроме ПВ, отработки таких месторождений просто не существует. Доказывать преимущества ПВ уже нет необходимости, а применение современных технических средств позволяет совершенствовать технологии отработки, эффективность которых во многом зависит от условий месторождений каждое из которых уникально и имеет свои особенности. Программой развития НГМК до 2020 года предусмотрен рост уранового производства [1]. Основой высоких темпов добычи будет ввод в эксплуатацию семи новых месторождений. Как показывает многолетний опыт, на начальной стадии

отработки новых месторождений возникают проблемы, не позволяющие вести добычу достаточно интенсивно, и это связано с природной уникальностью каждого месторождения. Зачастую первые 3-5 лет эксплуатации, ведется адаптация технологии к конкретному месторождению и в этот период при высоких затратах добыча просто не рентабельна. Предварительное окисление урана на стадии подготовки запасов – инструмент позволяющий решить данную задачу, интенсифицировать добычу и добиться ее рентабельности на начальной стадии отработки. С этой целью на новых урановых месторождениях проводятся опытные работы по подбору и адаптации технологий для максимально эффективного использования вскрытых запасов на всех стадиях отработки и, особенно, на стадиях подготовки и закисления.

Комбинирование традиционных способов отработки впервые было успешно применено на Центральной части месторождения **Истиклол**.

Распределение карбонатности по разрезу неравномерное от 0,5 до 8% среднее значение 1,8%. Максимальная карбонатность, в основном, приурочена к гороховидным стяжениям в подошве горизонта. Карбонатные минералы доломит, сидерит, кальцит. Оценивая в ходе работ, воздействие гидрогеохимических особенностей данного месторождения предстояло определиться с технологией и конкретными геотехнологическими параметрами отработки. Продуктивный водоносный горизонт имеет мощность 15-18 м с глубиной залегания кровли 150-180 м. Пьезометрический (статический) уровень на глубине 70-90 м, напор на кровлю 80-100м. Коэф. фильтрации 2-4 м/сут, по отдельным интервалам менее 1 м/сут. Дебит скважин 10-17 м³/ч, удельный дебит в среднем 0,15-0,25 реже до 0,5м/м³. Литолого-геохимические особенности руд и вмещающих пород осложняют процесс отработки месторождения - верхняя часть благоприятна для кислотного выщелачивания, а нижняя для безреагентного бикарбонатного. Разделить эти части очень трудно, но совместная отработка кислотным способом не приемлема, а безреагентным способом - слабо интенсивна, при отработке более 25 – 30% от геологических запасов. В процессе проведения опытно-промышленных работ были опробованы различные схемы вскрытия, конструкции скважин, способы окисления урана.

На начальной стадии работ было решено провести нагнетание сжатого воздуха (НСВ) в рудный горизонт компрессором «ATLAS-COPCO» с целью окисления урана кислородом воздуха, без применения дополнительных реагентов и окислителей. Для выполнения этой задачи необходимо было решить ряд вопросов, позволивших провести работы по нагнетанию сжатого воздуха на должном техническом уровне и главное обеспечить безопасность работ, учитывая высокое давление нагнетания. Специальные технические средства, а именно специально для этих целей разработанный и изготовленный пакер, позволяет проводить нагнетание воздуха в фильтр

без риска вывода из строя обсадной колонны, а так же компрессора «ATLAS-COPCO», давление на котором 25 атм., нагнетание проводится в течении 24 часов. Одновременно с нагнетанием для удержания "пузыря" в определенном объеме и границах ячейки (рис 1), в закачные скважины подавались закачные растворы с заполнением их до нулевого уровня, растворы обильно (с максимальной приемистостью) подавались в откачные скважины соседние с нагнетательной. В процессе НСВ отмечалось слабое газирование по закачным скважинам, фонтанирования не происходило, что так же косвенно подтверждает правильность выбранного режима и технологии нагнетания. Предполагается, что созданная таким образом положительная депрессия по периферии ячейки помогает предотвратить площадное распространение «пузыря», удерживать его в границах ячейки, а так же управлять его движением путем регулировки уровней по скважинам. Результат нагнетания предопределил дальнейшее направление проведения работ, продолжением которых стала попытка спровоцировать направленное движение нагнетаемого воздуха по продуктивному горизонту с целью увеличения прорабатываемого объема при минимальных трудозатратах на подготовительные работы. Направление движения воздушной проработки задавалось путем снижения уровня гидро завесы в сторону соседних откачных скважин поочередно до начала их фонтанирования (рис 2). Подтвержденные аналитикой результаты таких проработок свидетельствуют об их эффективности, данный способ позволяет втрое уменьшить трудозатраты на работы по монтажу пакеров, монтажу-демонтажу погружных электро-насосов, при двойном увеличении объема проработанной воздухом рудной массы.

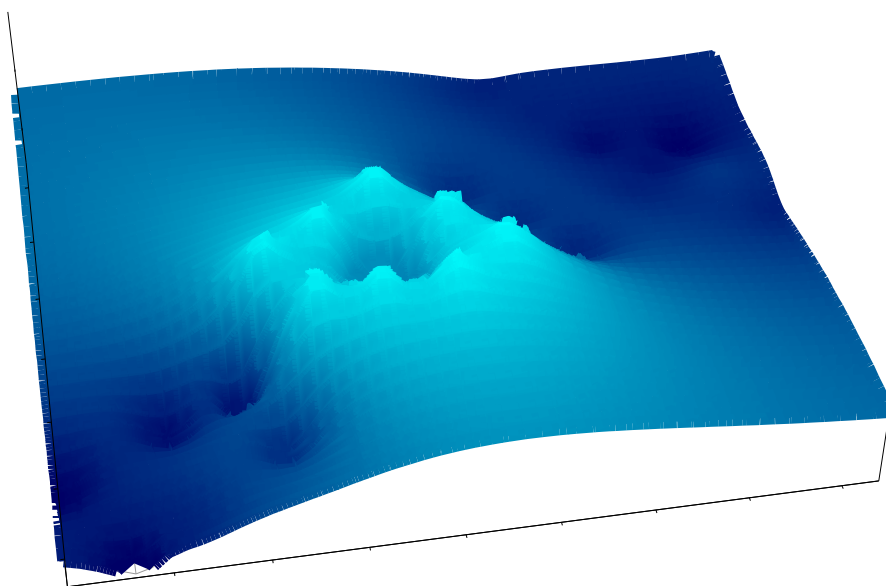


Рис 1. Распространение зоны проработки по пласту – удерживание «пузыря» в границах ячейки.

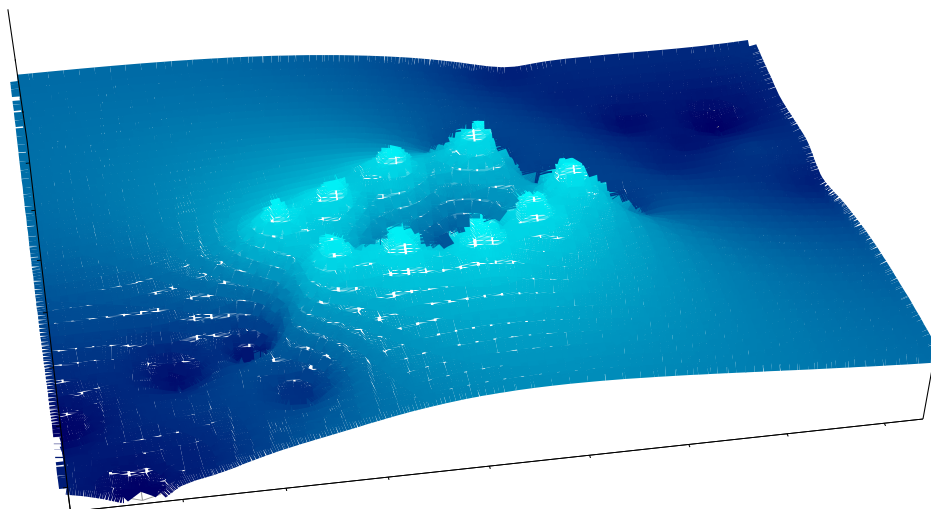


Рис 2. Распространение направленной зоны проработки по пласту.

При продолжении опытно-промышленных работ направленных на подбор оптимальной технологии нагнетания сжатого воздуха в пласт, на уже вскрытых блоках был проведен ряд экспериментов, позволивших получить новые данные и оптимизировать процесс нагнетания.

С начала опытно-промышленных работ параллельно с применением окисления сжатым воздухом на отдельных обособленных ячейках проводились опыты по применению в качестве окислителей растворы азотной и серной кислоты с различными концентрациями. В течении 3-х лет шло накопление и анализ полученных данных, нарабатывались приемы и методы подачи реагентов.

Таким образом, отработка опытно - промышленного участка по безреагентной технологии составила около 47 %. Было принято решение о интенсификации добычи за счет увеличения содержания урана в продуктивных растворах с применением в качестве реагента серной кислоты с концентрацией до 3,0 грамм на литр в рабочем растворе. Технологические расчеты показывают, что себестоимость урана при комбинированном безреагентно - слабокислотном способе на 50 % ниже, чем при традиционных способах.

В НГМК взят курс на постоянное обновление средств производства, применение новейшего оборудования, привлечение передового мирового опыта во всех сферах деятельности, в том числе и в производстве урана. Развитие технического прогресса и применение новшеств - обязательное условие для совершенствования технологии отработки месторождений, какими бы сложными они не были.

Это в полной мере относится и к месторождению **Северный Канимех**, которое характеризуется сложными горными, гидрогеологическими и геотехнологическими условиями. Значительные глубины залегания руд от

480 до 500 метров и проницаемая мощность 15-17 метров, сочетаются с высоким напором пластовых вод на кровлю продуктивного горизонта до 400 метров, что делает невозможным предварительное окисление атмосферным воздухом при помощи его нагнетания компрессором в пласт. При этом повышенная карбонатность до 2 - 5 % и содержание пирита до 2 %, указывают на необходимость проведения предварительного окисления. Проведение закисления при помощи сернокислых растворов с концентрацией 15 г/л кислоты растягивается на 14 - 16 месяцев, что и стало причиной низкой эффективности использования вскрытых запасов на стадии подготовки.

Геотехнологическим отделом НГМК, ЦНИЛ НГМК и специалистами Рудоуправления № 5 была разработана и утверждена программа проведения опытных работ на месторождении Северный Канимех по применению в качестве предварительного окислителя четырехвалентного урана гипохлорита натрия. Ранее подобные работы проводились, однако не была отработана технология дозирования и не определена оптимальная концентрация гипохлорита в рабочих растворах, позволяющая добиться максимального окисления и при этом не спровоцировать кольтматацию скважин и пласта, а также выпадение солей при смешивании. Результаты превзошли все ожидания. Введение в процесс гипохлорита натрия привело к интенсификации процесса окисления не только UO_2 , но и FeS_2 с выделением в раствор Fe^{+3} и серной кислоты. Образовавшееся в результате этого Fe^{+3} так же принял участие в окислении UO_2 с образованием Fe^{+2} . Следовательно, использование в качестве окислителя только сернокислых растворов менее эффективно, чем предварительное окисление рудного горизонта раствором гипохлорита натрия. Уже после двух месяцев работы скважин в режиме активного закисления отмечен рост содержания урана в продуктивных растворах. В скважинах работающих в аналогичном режиме закисления, но без предварительного окисления на соседних блоках, сопоставимый рост содержания урана проявлялся не ранее 14 – 16 месяцев эксплуатации. Себестоимость полученного урана за счет уменьшения удельного расхода серной кислоты снижена в 2 раза. На сегодняшний день добыча со скважин превышает среднюю почти вдвое. Отсутствует явление кольтматации.

В результате проведения работ доказана возможность проведения окисления урановых карбонатных руд гипохлоритом натрия с концентрацией 0,1-0,3 г/л. Испытанная схема проведения блочного комбинированного закисления позволяет:

- получать кондиционные растворы и вести добычу на промышленном уровне и подготовку запасов одновременно;
- увеличить интенсивность отработки запасов;
- сократить время от начала активного закисления всей вскрытой горнорудной массы до получения кондиционных продуктивных растворов;

- эксплуатация запасов становится рентабельной при снижении себестоимости за счет дополнительной добычи, при не изменившихся эксплуатационных затратах.

Положительные результаты применения комбинированных методов отработки месторождения, стали основой для их широкого внедрения. Месторождение **Сугралы** выведено на промышленный уровень добычи благодаря предварительному окислению руд техническим кислородом. Начаты работы по предварительному окислению гипохлоритом натрия руд месторождения **Аульбек**. НГМК с 2010 года приступил к освоению месторождения **Мейлисай**, характеризующегося сложными и своеобразными горно-геологическими условиями, локализацией и вещественным составом руд [2].

Оценивая в ходе работ, воздействие гидрогеохимических особенностей данного месторождения предстояло определиться с технологией и конкретными геотехнологическими параметрами отработки. В процессе проведения опытно-промышленных работ были опробованы различные схемы вскрытия, конструкции скважин, способы окисления урана. На месторождении Мейлисай наблюдалось значительное снижение дебитов откачных скважин. При осмотре состояния электропогружных насосов было обнаружено обрастание их солями и кристаллами бурого цвета. На карте продуктивных растворов кристаллы белого цвета выросли на бортовых камнях и на водорослях. Также обрастания солями проявлялись на сорбционных колоннах: ионообменная смола цементировалась выпадавшими солями и выросшими кристаллами, что усложняло проведение размена ионита. Выпадение осадков просматривалось по всему пути движения технологических растворов.

Данное состояние потребовало поиск альтернативных окислителей для окисления урана: сода кальцинированная + кислород атмосферного воздуха (эжектирование); азотная кислота с гипохлоритом натрия + кислород атмосферного воздуха (эжектирование); гипохлорит натрия + кислород атмосферного воздуха (эжектирование); технический кислород; серная кислота + ПТД-1 ГМЗ-3; серная кислота + азотная кислота + технический кислород.

На основании проведенных опытных работ по шести направлениям за период 2013-2014г. на месторождении Мейлисай предложен способ отработки данного месторождения по следующей схеме – на начальной стадии в качестве окислителя использовать технический кислород в рабочих растворах и последующей подачей в закачные скважины с подкислением смеси азотной и серной кислотой с целью образования бикарбонат - иона и эффективного выщелачивания окисленного металла. Для соблюдения баланса технологических растворов по ячейкам рассмотрен вопрос о снижении среднего дебита по откачным скважинам не более $15\text{ м}^3/\text{ч}$., т.к. макси-

мальная приемистость закачной скважины для работоспособности эжектора составляет $5\text{ м}^3/\text{ч}$ (исходя из результатов опытных работ). После отработки технологического блока по бикарбонатной схеме до 50% продолжить доработку блока и использованием традиционного сернокислотного способа.

Поиски путей сокращения затрат при эксплуатации месторождений на различных стадиях, необходимое условие повышения рентабельности добычи полезных ископаемых, и не только в условиях нестабильной конъюнктуры рыночных цен. Основой для решения этой задачи является технологическая составляющая. Как не существует предела развитию науки и технического прогресса, так и не ограничены наши возможности в совершенствовании технологий добычи полезных ископаемых.

Список литературы

1. Мустакимов О.М., Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Современное состояние производства урана в Навоийском ГМК // Горный вестник Узбекистана, №4, 2013г. – С. 33-36.
2. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З., Икрамов Д.З. Отработка методом подземного выщелачивания месторождения “Мейлисай” // Горный вестник Узбекистана, №4, 2015г.– С. 18-22.