



И.В. Британ
канд. геол.-мин. наук
ЗАО Рудная Компания
заместитель генерального директора по геотехнологии
ibritan@yandex.ru

Состояние скважинной гидродобычи. Кризис идеи или недальновидность?

Отсутствие со стороны государства и бизнеса необходимых усилий для разработки и внедрения технологии скважинной гидродобычи на месторождениях, освоение которых невозможно по горно-геологическим, экономическим, экологическим и иным условиям, представляется автору недальновидным

The absence from the state and business efforts for the development and implementation of technologies of hydraulic mining by boreholes in the fields, the development of which is impossible mining and geological, economic, environmental and other conditions, seems the short-sighted

Ключевые слова: скважинная гидродобыча, минеральное сырье, ресурсная база
Keywords: hydraulic mining by boreholes, mineral raw materials, mineral resource potential

В качестве альтернативы традиционным подземным способам разработки в последние десятилетия рассматриваются скважинные физико-химические геотехнологии. Для некоторых ПИ, обладающих хорошей растворимостью в воде, химической или термической неустойчивостью, уже разработаны способы извлечения через скважины, используя возможность перевода полезных компонентов (соли, уран и др.) в раствор, расплав или газ. Это, безусловно, новое качество в горной технологии, когда в недра перенесены элементы передела ПИ и не требуется участие людей в опасных подземных работах.

Но большинство полезных минералов – это нерастворимые, химически и термически устойчивые образования, а их месторождения часто комплексные. Поэтому рациональное использование их ресурсов возможно, чаще

всего, при извлечении всей горной массы залежей. Такой способностью обладает технология СГД. Она может стать альтернативой традиционному способу добычи, когда шахта в условиях больших глубин или иных условий становится неэффективной. При этом СГД является наиболее экологически чистой, использующей в качестве энергоносителей в основном воду и воздух, а также в высокой степени безопасной технологией, т.к. реализуется без присутствия людей в забоях.

Таким образом, технология СГД – объективная необходимость, вытекающая из состояния ресурсной базы минерального сырья и социально-экономических потребностей общества.

Первые опыты по добыче рыхлых и слабоцементированных ПИ показали возможность без особых сложностей извлекать их на поверхность. Это, а также использование для

добычи серийного бурового и энергетического оборудования, относительная простота конструкций и изготовления скважинных гидродобычных устройств вызвали поистине бум в испытаниях технологии в 1980-х гг. В тот период был накоплен материал по десяткам объектов, который доказывал возможность реализации процессов СГД, используя гидромеханические способы разрушения и подъема горной массы на поверхность. Были подготовлены условия для выполнения опытно-промышленных разработок (ОПР) и продвижения технологии к промышленному освоению. Однако в связи с изменением в стране политической и экономической ситуации в начале 1990-х гг. было прекращено государственное финансирование работ, большинство научно-исследовательских и производственных коллективов, занимавшихся СГД, попросту развалились, исследования прекратились или были свернуты до минимума. В результате ни на одном объекте (кроме песков) технология не была доведена до промышленного внедрения.

О термине СГД

По П.М. Тупицыну – это «гидравлический метод добычи». В статье БСЭ (изд. третье) по В.Ж. Аренсу это «метод подземной добычи ТПИ, основанный на разрушении и доставке его к скважинам водой и выдачи в виде гидро-смеси на поверхность».

Существующие определения термина СГД однозначно указывают на реализацию всех процессов, включая разрушение горных пород, гидравлическим способом. Это ограничивает ее применение рыхлыми и слабосцементированными ПИ. И на практике только для них проводились натурные испытания.

Но, приняв такие ограничения, придется существенно ограничить и возможные ресурсы для СГД, т.к. в большинстве случаев рыхлые и слабые ПИ залегают на небольших глубинах и в рыхлых толщах. Вряд ли такое определение заставит обратить внимание на технологию тех, кто занимается изучением и эксплуатацией рудных объектов, которые в подавляющем большинстве являются коренными месторождениями. А заявленные возможности использовать иные способы воздействия на горный массив обычно воспринимаются практиками как произвольное расширение понятия СГД. При этом, к сожалению, не принимается во внимание, что извлечение на поверхность дезинтегрированной горной массы может быть не связанным технологически со способом ее разрушения.

В связи с этим предлагается следующее определение термина, учитывающее многооб-

разие физико-геологических и геотехнологических свойств ПИ.

Скважинная гидродобыча – метод подземной разработки ТПИ, при котором их вскрытие, разрушение и выдача на поверхность осуществляется через скважины, причем разуплотнение и разрушение первичной структуры, дезинтеграция горной массы реализуется гидромеханическим, механическим, волновым или другими способами, а выдача на поверхность производится в форме водоминеральной или воздушно-водо-минеральной смеси (пульпы).

Об испытаниях технологии

Научная разработка и опытные испытания технологии начинаются в конце 1950-х – начале 1960-х гг. Имеются десятки примеров использования этой технологии в СССР и за рубежом [1, 2], которые позволяют оценить общее состояние работ.

Основная часть данных получена к концу 1980-х гг. по результатам добычи рыхлых раздельнозернистых ПИ, характеризующихся в очистном пространстве естественной физической неустойчивостью. Они относятся к сыпучему и плавучему геотехнологическим типам [3]. Работы выполнялись на месторождениях строительных песков и песчано-гравийных смесей в Западной Сибири, Приобье, Алтайском крае, Подмосковье и в других регионах; стекольных песков в Югославии; кварцевых песков в Венгрии; россыпных месторождений ильменита и циркония (Ордынского в Новосибирской, Лукояновского в Нижегородской, Тарского в Омской областях и др.); золота и касситерита в Приморье, в Индии и т.д.

Во всех случаях сам процесс добычи не вызывал особых сложностей. Главные проблемы были связаны с тем, что ПИ, являясь неустойчивыми осадочными терригенными образованиями, залегающими чаще всего внутри таких же осадочных неустойчивых горных пород на относительно небольших глубинах (обычно до 50м). В результате при СГД происходили обрушения кровли, часто со сдвижением поверхности. Для песков и песчано-гравийных смесей до обрушения камер удавалось извлечь 200–1000 м³; в одном случае при глубине залегания песков 270 м и мощности 44 м было добыто 3200 м³.

На россыпях, мощность которых составляла 1–13 м, извлечение из скважин находилось в пределах 100–500 м³. Предполагаемые возможности повысить устойчивость горных массивов с применением закладки выработанного пространства не испытывались.

Менее изученными остались проблемы применения СГД для слабосцементированных ПИ. Как в СССР, так и за рубежом из-за недостаточной разработанности технологии и во избежание значительных и рискованных трат опыты проводились на объектах, наиболее доступных по глубине и небольших по масштабам.

Технология испытывалась на месторождениях фосфоритовых руд (СССР, США, Польша), бокситов (Венгрия), урана (СССР, США) и др. Глубины залегания объектов были до 50–60 м, в одном случае – 150 м, а мощности разрабатываемых залежей 1–6 м. Несмотря на то, что радиус камер достигал 7–10 м, извлечение из скважин составляло 200–1000 т из-за малой мощности разрабатываемых горизонтов. Лишь в одном случае в США (штат Флорида) для фосфоритоносного горизонта мощностью 6 м продуктивность скважины достигла 1800 т.

В итоге был получен опыт по гидромеханическому разрушению залежей, дезинтеграции ПИ и извлечению горной массы на поверхность, по конструированию добычных устройств, а также по использованию управляющих систем и энергетического оборудования. Но промышленного продолжения работы не имели из-за низкой продуктивности скважин, что было связано, прежде всего, с малой мощностью рабочих горизонтов или неустойчивостью кровли. Не было проверено одно из главных заявленных преимуществ СГД – возможность эксплуатировать месторождения на значительных глубинах в сложных горно-геологических условиях.

К концу 1980-х гг. определился круг научно-технических проблем, требующих решения для применения технологии СГД в промышленных масштабах. Со всей очевидностью он стал слишком большим и сложным для отдельных научных и производственных коллективов. Требовались иные организационные формы.

В этой объективно сложившейся ситуации состоялось решение о начале работ по созданию технологии СГД для богатых железных руд КМА, залегающих на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях. Учитывалось, что при положительном решении представлялась возможность:

- освоить уникальные по масштабам и качеству месторождения, способные внести существенные качественные изменения в горно-металлургическое производство страны за счет перехода с бедного сырья на богатые высококачественные руды;
- снизить экологические последствия разработки месторождений железистых кварци-

тов, связанные со строительством гигантских карьеров и обогатительных производств в зоне Черноземья;

- получить научные, технологические и производственные решения, необходимые для широкого использования СГД, в том числе для глубокозалегающих обводненных объектов, представленных неоднородными по прочности ПИ.

Успешные эксперименты 1988 г., которые выполнялись Белгородской геологоразведочной экспедицией ПГО «Центргеология» в соответствии с приказом Мингео СССР от 21.04.1988 г. № 200, позволили разработать «Программу создания и освоения технологии скважинной гидродобычи богатых железных руд КМА» с выходом на строительство промышленного предприятия к 2000 г. Она была утверждена совместным приказом Мингео СССР и Минчермета СССР от 29.05.1989 № 216/314. Для реализации программы был создан межведомственный координационный совет под руководством первого заместителя Министра геологии СССР М.Д. Пельменева и заместителя Министра черной металлургии СССР Л.К. Антоненко.

Программа предусматривала объединение усилий в разработке технологии более 20 производственных, научно-исследовательских и учебных организаций – Белгородской геологоразведочной экспедиции, ПГО «Центргеология», ПО «Центроруда», НИИКМА, ВИОГЕМ, ВИМС, ГИГХС, Механобрчермет, ВНИПИ-промтехнология, ВНИПИ взрывгеофизика, ВИРГ, КазВИРГ, ВНИИГИС, ВНИИводгео, Центрогипроруда, ВНИИБТ, ИПКОН АН СССР, МГРИ, ВГУ и др. С целью координации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведения натурных испытаний и опытных работ в ПГО «Центргеология» была создана группа внедрения (под руководством автора). Такая мобилизация соответствовала как пониманию практической значимости решаемой проблемы, так и ее научно-технической сложности. Было предусмотрено бюджетное финансирование всего комплекса научно-исследовательских и производственных работ.

Распад СССР и экономические преобразования привели уже в начале 1992 г. к резкому сокращению ассигнований, а в 1994 г. к прекращению государственного финансирования. Научные исследования были свернуты. Дальнейшие работы продолжались с перерывами за счет различных временных источников и сводились, в основном, к обработке и анализу ранее полученных данных. Лишь через четверть века после начала работ удалось подготовить необходимые материалы для разработки ТЭО

временных разведочных кондиций и подсчета запасов руд, пригодных для СГД. ГКЗ «Роснедра» признала месторождение оцененным для СГД, утвердила временные разведочные кондиции и приняла решение о постановке на государственный учет балансовых запасов самообрушающихся и принудительно сдвигаемых самоизмельчающихся руд по категориям C_1 и C_2 . Но в целом программа 1989 г. не была выполнена даже наполовину.

О преимуществах и некоторых особенностях СГД

К преимуществам СГД перед традиционными способами разработки месторождений принято относить [1]:

- дистанционность выемки, которая исключает присутствие человека на месте горных работ, обеспечивая тем самым высокий уровень комфортности и безопасности труда;
- низкие по сравнению с другими способами добычи капитальные вложения при отработке глубокозалегающих объектов, их быстрая окупаемость;
- возможность применения мобильного и автономного гидродобычного комплекса;
- использование серийного технологического оборудования: буровых станков, насосов, компрессоров.

Но эти преимущества в одной части – прогноз, который еще только предстоит реализовать в промышленном производстве, во второй – безусловные преимущества уже проверенные на практике, в третьей – особенности, которые кроме достоинств могут содержать и недостатки. На практике же предстоит решить многие проблемы.

В частности, дистанционность выемки сочетается с отсутствием возможностей для визуального наблюдения и требует создания особой системы контроля за сдвижением горных масс и развитием очистного пространства, системы управления гидромеханического или иного воздействия на горный массив в условиях непрерывно изменяющейся конфигурации добычной камеры.

Низкие капитальные вложения при замене шахты скважиной вызывают необходимость совмещения в ограниченном пространстве камеры и во времени всех процессов горного производства с использованием малогабаритного добычного оборудования, которое должно работать в среде водно-минеральных смесей, в условиях обрушения и движения горных масс к скважине и т.д.

Что касается оценки эффективности работ на больших глубинах, то пока есть только

один опыт на КМА, который не был реализован до логического конца. Он, с одной стороны, открывает реальные перспективы для разработки крупных, в том числе глубокозалегающих обводненных рудных объектов, неоднородных по физическому состоянию, находящихся в сложных горно-геологических условиях, а с другой – выявляет ряд серьезных проблем, которые не могут быть разрешены только теоретическим путем. Необходимо выполнение значительных объемов исследований, конструкторских разработок и испытаний в натуральных условиях, в том числе при опытно-промышленной разработке месторождений.

Современное состояние СГД

Современное состояние с разработкой и внедрением СГД, по сути, осталось на уровне 1990-х гг. Тогда завершался первый этап создания технологии, который характеризовался накоплением знаний и опыта по реализации всех технологических процессов добычи в различных горно-геологических условиях. Переход к следующему этапу, синтезу накопленного, открывался началом работ на КМА, но не был завершен. Несколько попыток реализовать технологию, предпринятых в последнее время (КМА, Бакчарское месторождение железных руд в Западной Сибири и др.), выполнялись без достаточного научного сопровождения и необходимой геологической подготовки, без достаточных испытаний всех процессов добычи и систем разработки. Они не могли привести к заметным успехам в решении этой сложной научно-технической проблемы.

Не вдаваясь в подробности, состояние СГД можно охарактеризовать коротко: технология получила ограниченное применение при добыче песков; нет ни россыпных, ни коренных месторождений, которые были бы вовлечены в промышленное освоение; нет ни одного месторождения, разведанного для СГД, следовательно, нет подготовленных объектов для ее применения.

Таким образом, главной причиной неудовлетворительного положения с внедрением технологии СГД является отсутствие прямых доказательств ее эффективности на примере успешных ОНР, то есть незавершенность всего комплекса технологических исследований.

Можно обратить внимание и на некоторые отрицательные моменты при реализации работ первого этапа: выбор для исследований маломощных и близповерхностных залежей, распыление работ по многочисленным объектам, недостаточную геологическую подготовку, недостаточное финансирование. Но главным, что замедляло разработку технологии,

было отсутствие организационного начала для объединения и координации усилий научных и производственных коллективов на ведение дела с таким расчетом, чтобы успех позволял решить конкретную значимую задачу по совершенствованию МСБ страны.

Осталась за пределами исследований оценка реальных возможностей применения иных, кроме гидромеханических, способов воздействия на горный массив и, как следствие, сформировались широкие и устойчивые представления о технологии СГД, как о возможном способе добычи только рыхлых ПИ и ее ограниченных возможностях из-за залегания таких ПИ в неустойчивых горных породах на небольших глубинах.

Проблемы управления состоянием горных массивов при СГД в основном изучались с позиций процессов сдвижения в процессе выемки ПИ и определения возможных систем разработки в естественных условиях. Задачи по активным воздействиям на состояние залежей и вмещающих пород, в том числе управляемое изменение их физико-механических свойств на месте залегания, не вышли за пределы теоретических соображений. К ним относятся разработки различных способов поддержания кровли, закладка выработанного пространства, разуплотнение ПИ в рабочих горизонтах и др.

Не исследованы в достаточной мере процессы дезинтеграции ПИ после их сдвижения в камеру. Расчет на то, что будет происходить самоизмельчение при движении к стволу скважины и пульпоприготовлении, оправдан только для слабощементированных ПИ. Но даже в этом случае, как показал опыт, из-за неравномерной степени цементации образуется крупнообломочный материал, негативно влияющий на процесс добычи.

Не завершены исследования по гидромеханическому разрушению горных пород в условиях затопленных камер, в том числе по рациональному использованию энергии гидромониторных струй в стесненных условиях, при взаимодействии нескольких гидромониторов и при их истечении в область гидроминеральных смесей. Не выполнены работы по оценке работоспособности и возможности использования водно-воздушных струй.

Выводы

Завершен, в основном, лишь первый этап создания технологий СГД для рыхлых и слабощементированных ПИ – накопление научных знаний и результатов натурных испытаний по процессам добычи в различных горно-геологических условиях. Продвижение к промыш-

ленному освоению было прервано началом преобразования страны. Не были выполнены в необходимых объемах ОНР для определения возможностей ее применения на конкретных объектах минерального сырья.

Исследования для прочных ПИ, представляющих основную часть минеральных ресурсов, ограничились теоретическими соображениями. Испытаний возможных способов их разработки не проводилось.

Нарушения комплексности в разработках и их незавершенность привели к отставанию в решениях методических вопросов изучения месторождений для СГД, к отсутствию необходимых нормативно-методических требований для различных стадий ГРР.

Резкое прекращение финансирования и координации исследований, прекращение или ослабление деятельности коллективов, занятых проблемами СГД в научно-исследовательских и производственных организациях, увольнение или перемещение на другие задачи специалистов привели к критической ситуации. В процессе остановки незавершенных работ произошли трудновосполнимые потери многих результатов исследований, были без пользы израсходованы значительные финансовые, материальные и интеллектуальные ресурсы. Потеря специалистов и практического опыта отбрасывает с течением времени состояние разработки технологии все дальше к исходным позициям.

Проблема государственного масштаба по возможным экономическим и технологическим последствиям для промышленности страны, сложная по научно-производственному и организационному обеспечению, требующая значительных финансовых затрат, остается без должного внимания. В «Стратегии развития металлургической промышленности России на период до 2020 года», утвержденной приказом Минпромторга России от 18.03.2009 № 150, отмечена важность работ по освоению богатых железных руд КМА с применением технологии СГД. В числе важнейших инновационных НИР названа «Разработка и внедрение технологии гидродобычи богатых (до 68% железа) руд КМА». Но до сих пор никаких практических действий в этом направлении не предпринято.

Из-за неизбежных рисков на начальных этапах внедрения технологии частные инвесторы предпочитают искать решения своих проблем в традиционных способах разработки месторождений.

Такая позиция, как государства, так и бизнеса, представляется недальновидной, т.к. не учитывает объективные процессы снижения эффективности традиционных способов раз-

работки и увеличения их негативного влияния на состояние окружающей среды. Растут ресурсы минерального сырья, необходимые для промышленности, но недоступные для извлечения по техническим, экономическим и экологическим причинам.

Рекомендации

Для успешного внедрения новой технологии добычи ТПИ необходимо следующее.

1. Согласованные решения по разработке и внедрению технологии СГД на уровне Правительства РФ (Минприроды, Минэкономразвития, Минпромторг) и РСПП, которые могут быть приняты на основании обсуждения проблемы с участием соответствующих специалистов. Основными темами для обсуждения и решений могут быть:

- актуальность проблемы применения СГД;
- организация и координация работ, включая возможность создания специального научно-производственного предприятия для разработки и внедрения технологий;
- вопросы финансирования работ;
- приоритетные направления разработок для обеспечения промышленности высококачественным минеральным сырьем и снижения импорта.

2. Восстановление ведущей роли НИР и ОКР на стадии разработок и внедрении технологии на всех объектах, в том числе при разработке технологических регламентов СГД.

3. Создание нормативно-методических требований к геологическому изучению месторождений для СГД, включая ОПР.

4. Выполнение технологических исследований, как для условий природного состояния горных массивов, так и с учетом современных возможностей управления физическим состоянием горных пород на месте их залегания.

5. Разработка способов разуплотнения горных пород на месте залегания с целью повышения эффективности СГД, в том числе для осуществления добычи прочных ПИ, составляющих основную часть минеральных ресурсов.

6. Исследование путей повышения эффективности гидромеханического разрушения горных пород в условия затопленных камер.

Целесообразно сосредоточить ресурсы для изучения, выполнения ОПР и внедрения

технологии СГД на трех месторождениях ПИ, характеризующихся различными физико-геологическими и геотехнологическими свойствами [3].

- На одном из упомянутых выше россыпных месторождений ильменита и циркона, для которых имеются временные разведочные кондиции и утвержденные балансовые запасы. Главной задачей ОПР на этих объектах является решение проблем поддержания выработанного пространства для достижения продуктивности скважин, обеспечивающей достаточную эффективность добычи при допустимых величинах разубоживания, засорения и коэффициента извлечения.

- На уникальном по качеству Шемраевском месторождении богатых железных руд – единственном глубокозалегающем и обводненном коренном месторождении слабосцементированных ПИ, которое признано оцененным для СГД (Протокол ГКЗ от 28.03.2012 № 2733-оп). Рекомендовано выполнение его разведки и в ее составе ОПР, в задачи которой включены: разработка мероприятий по повышению уровня извлечения руды, изучение влияния СГД на окружающую среду, оценка возможностей извлечения целиков и другие, связанные с повышением эффективности добычи. Для ОПР разработан технологический регламент.

- На одном из месторождений цветных металлов, представленных зернистыми сцементированными ПИ, для которых могут быть разработаны технологии добычи с использованием способов разуплотнения ПИ на месте их залегания. В их числе могут быть рассмотрены, например Комсомольское медно-колчеданное месторождение в Оренбургской области, задержка с освоением которого связана с нерешенностью экологических проблем и пожароопасными условиями подземных работ, Холоднинское колчеданно-полиметаллическое месторождение в Бурятии, освоение которого сдерживается по экологическим соображениям из-за близости к Байкалу, и др.

Освоение промышленных технологий на предлагаемых объектах позволит улучшить минерально-сырьевую базу страны по важным видам ПИ и откроет дорогу для широкого использования СГД. ■

Литература

1. Аренс В.Ж., Бабичев Н.И., Башкатов А.Д., Гридин О.М., Хрулев О.С., Хчечян Г.Х. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых. М. 2007.
2. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М. 2001.
3. Британ И.В. Объекты минерального сырья для скважинной гидродобычи с физико-геологических и геотехнологических позиций // Недропользование XXI век. 2013. № 4. С. 28–35.