

References

1. *Imanbaev S.S., Bajkenov M.I. et al.* The study of OJC «Sary-Arca Spetskoks» half-coking resin // The herald of KarSU. — 2010. — № 2(58). — P. 153–157.
2. *Maloletnev A.S., Gjulmalieva M.A.* Reception of aromatic hydrocarbons from hydrogenates of coals // Solid fuel chemistry. — 2007. — № 4. — P. 57–63.
3. *Satybaldin A.Zh.* The electro-hydro impuls influence on physical and chemical characteristics of high-viscosity oil of a deposit of Karazhanbas: the Dissertation ... Cand. Chem. Sci.: 02.00.04. — Karaganda: KarSU, 2010. — 123 p.
4. *Maloletnev A.S., Gjulmalieva M.A.* Reception of commodity phenols at hydrogenation of coals of Kansk-Achinsk basin // Solid fuel chemistry. — 2007. — № 3. — P. 21–29.
5. *Molchanov I.V., Kornileva V.F.* Easy resin of high-speed pyrolysis of brown coals as raw materials for reception of solvents of electro-insulating varnishes // Solid fuel chemistry. — 1988. — № 5. — P. 43–45.
6. *Kostyuk V.A., Slavinsky I.I.* The brown coals hydrogenizat' dephenolizing in a continuous countercurrent // Solid fuel chemistry. — 1987. — № 2. — P. 78–82.
7. *Malyshev V.P.* Mathematical planning of metallurgical and chemical experiment. — Alma-Ata: Science, 1977. — 36 p.
8. *Malyshev V.P.* Probabaly-deteminative experiment planning. — Alma-Ata: Science, 1981. — 116 p.
9. *Dukarsky O.M., Zakurdaev A.G.* The statistical and data processing by means of the computer «Minsk-22». — M: Statistics, 1971. — 18 p.
10. *Ashmarin I.P., Vassilev N.N.* The fast methods of statistical processing and planning of experiments. — L.: LGU, 1972. — 80 p.

УДК 622.234.5:553.493

**Теоретические основы скважинной геотехнологии добычи
полезных ископаемых и практические рекомендации по ее использованию**

**Theoretical bases geotechnologies of mining operations
and practical recommendations about its use**

Каренов Р.С.

Казахстанский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: karenov_r@inbox.ru)

Пайдалы қазбаларды игерудің ұңғылық геотехнологиясының маңызы және ерекшеліктері ашылып көрсетілген. Аталған технология бойынша тәжірибелік-зерттеушілік жұмыстарды жүргізуге арналған полигонға қойылатын талаптары айқындалған. Беріктілігі әр алуан кен түрлерінің гидрокоспа күйіне келтіру тәсілдерінің жіктемесі көрсетілген. Минералды шикізат игерудің ұңғылық геотехнологиялық тәсілдерінің артықшылықтары зерттелген. Аталған технологияның шет елдерде халық шаруашылығының әр түрлі салаларында қолдану мәселелері қарастырылған. Қазақстанда пайдалы қазбалардың кейбір кен орындарын ұңғылық технология тәсілімен игерудің тиімділігіне көңіл бөлінген. Келешектегі негізгі кен технологиясы ретіндегі минералды шикізат игерудің болашағы жөнінде айтылған.

The value and features of geotechnologies of mining operations are revealed. Requirements to the range intended for carrying out of skilled-experimental works on given technology are covered. Classification of ways of destruction of ores and rocks of a various fortress for their carrying out in a hydromix condition is suggested. The advantages of slitted geotechnological ways of extraction of mineral raw materials are studied. Questions of formation and application of the given technology in different spheres of a national economy abroad are considered. Attention is paid to efficiency of development of separate mineral deposits by the method of slitted geotechnologies in Kazakhstan. Perspectivity of such way of extraction of mineral raw materials as mining technology of the future is underlined.

*Требования к полигону, предназначенному для проведения
опытно-экспериментальных работ по СГД*

На сегодняшний день в работах ряда исследователей [1–4] уже созданы теоретические основы скважинной геотехнологии добычи (чаще называют «скважинная гидродобыча») полезных ископаемых (технология СГД сокращенно) и предложены практические рекомендации по ее использованию. Однако до сих пор по ряду объективных и субъективных причин применение технологии СГД огра-

ничено (например, в связи с недостаточной изученностью ее воздействия на окружающую природную среду, с нехваткой квалифицированных кадров в области геотехнологических методов добычи полезных ископаемых, с недостаточным исследованием влияния СГД на физические и технологические свойства россыпей и т.д.). В связи с этим можно констатировать то, что технология скважинной гидродобычи в целом делает только пробные шаги на стадиях опытно-методических и опытно-промышленных работ.

Для проведения же опытно-экспериментальных работ объект (полигон) должен отвечать следующим горнотехническим и географо-экономическим условиям применения технологии СГД [5]:

- наличие значительных запасов легко размываемых руд, руд малой крепости, общих запасов богатых руд, наиболее пригодных для СГД;
- наличие толщи плотных пород, перекрывающих рудное тело, позволяющих вести разработку залежи без значительных нарушений земной поверхности;
- наличие пластов плотных глин, создающих водоупор от смешивания поверхностных вод с минерализованными водами рудного массива;
- значительная обводненность месторождения и большая глубина залежи, обеспечивающие проведение разработки с минимальными воздействиями на окружающую среду;
- минимальные расстояния от транспортных коммуникаций, источников энергоснабжения, водоснабжения, жилья;
- минимальная застройка поверхности, возможность расположения карт намыва руды и прудоосветлителя оборотной воды;
- минимальная обводненность поверхности с несущими свойствами грунтов, обеспечивающими проходимость самоходной буровой и вспомогательной техники;
- минимальное отчуждение земельных участков, пригодных для сельскохозяйственного производства.

*Классификация способов разрушения руд и горных пород различной крепости
для перевода их в состояние гидросмеси*

Способы разрушения естественной структуры связных руд и горных пород для перевода их в состояние гидросмеси могут быть основаны на механическом воздействии (струя, взрыв, вибрация, породоразрушающие механизмы); химическом или микробиологическом процессе (растворение или разложение цементирующего вещества, разупрочнение связности с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ)); для рыхлых горных пород — на механическом воздействии (струя, вибрация, фильтрационный поток), а также с помощью ПАВ [6].

Исследования последних лет показывают, что породы практически любой крепости можно разрушать гидромониторными струями. Однако в настоящее время гидравлическое разрушение применяется в основном для разработки связных и рыхлых пород и руд (пески, супеси, суглинки, глины, алевролиты и т.д.) и несколько реже при разработке слабых скальных пород и руд (мергели, сланцы, известняки, песчаники, угли и т.д.).

При взрывном встряхивании и вибрации водонасыщенные руды могут расплываться и течь с содержащейся в них водой. Это происходит за счет разрушения естественной структуры руды при прохождении ударной волны.

Ослабление структурных связей, облегчение деформации и понижение прочности может быть достигнуто введением в жидкость ПАВ. Слои молекул или ионов жидкости с высокой энергией смачивания проникают в микротрещины и препятствуют смыканию поверхностей, что способствует снижению величины работы, необходимой для разрушения. В ряде случаев эффективное разрушение структуры песчаных руд может быть достигнуто кислотной обработкой, разрушающей цементирующее вещество. Цементирующее вещество может быть разложено при соответствующих условиях микроорганизмами, выделяющими продукты жизнедеятельности, придающие пласту повышенную подвижность. Структура рыхлых водонасыщенных руд может быть разрушена фильтрационным потоком.

Наилучшие предпосылки для добычи создает плавунное состояние полезного ископаемого. Плавунность не является свойством какого-нибудь определенного типа руд. При создании соответствующих условий в плавунное (псевдоплавунное) состояние могут переходить горные породы любого гранулометрического состава.

В зависимости от физико-механических свойств полезного ископаемого, глубины работ, водопритоков (осушенный или затопленный забой) и других факторов, производительность скважин и объем добычи могут резко меняться, что сказывается на экономике проектируемого предприятия. Поэтому на стадии опытных работ необходимо опробовать различные способы принудительного воздействия на рудное тело: пассивные (выщелачивание, пневмоимпульсные, ультразвуковые), когда массив подвергается только воздействию на силы сцепления и не сдвигается, и активные, когда массив может быть разрушен и «подвинут» к добычной скважине. В частности, для этих целей могут быть использованы горное давление, особенно в случае большой мощности рудных залежей или благоприятной складчатой структуры участка СГД (ядро и крылья синклинали, крылья антиклинали и т.п.), и направленные взрывы для нарушения сил сцепления между рудными и породообразующими минералами и приведения их в состояние, пригодное к транспортированию. Источник может находиться в добычной скважине или располагаться рядом во вспомогательных скважинах, пробуренных в рассчитанном порядке на расстоянии наиболее эффективного воздействия на рудный массив. Вспомогательные скважины, в зависимости от применяемых способов воздействия и оборудования, могут иметь меньший диаметр (72–108 мм) и использоваться в дальнейшем как вспомогательные для закачки воды в рудный пласт или как контрольные [6].

Предварительное разупрочнение массива позволяет использовать способ СГД в рудах и породах практически любой прочности.

Несмотря на «кажущуюся» простоту применяемого оборудования и технологических процессов, разработка месторождений способом СГД, особенно на больших глубинах, характеризуется сложностью геомеханической обстановки, выдвигающей весьма трудные задачи по определению и оценке напряженно-деформированного состояния массивов горных пород в процессе разработки и управления горным давлением. Без удовлетворительного решения этих задач невозможна успешная добыча руды новым способом.

К важнейшим инженерно-геологическим процессам, протекающим в недрах при скважинной гидродобыче так же, как и при традиционной подземной добыче руды, относятся деформации рудного массива и покрывающих пород. Деформация рудного массива определяется прежде всего степенью извлечения руды. Если извлекаемая мощность небольшая (до 20 %), рудный массив при сдвиге может сохранить естественное строение или же разрушаться с незначительным разуплотнением. При большем извлечении разрушение скелета сопровождается значительными деформациями [6].

Как показывает опыт первых предприятий по добыче различных руд способом СГД, наилучшие показатели достигнуты при применении технологической схемы с использованием плавучих свойств руд.

Преимущества способов скважинной геотехнологии добычи полезных ископаемых

В работах ряда исследователей [7–12] созданы теоретические основы скважинной геотехнологии добычи и предложены практические рекомендации по ее использованию. Выполненными исследованиями показано, что несомненные преимущества способов СГД как нельзя лучше соответствуют условиям рыночной экономики:

- а) капитальные затраты по сравнению с традиционными способами добычи (открытым и подземным) во многих случаях сокращаются в 3–5 и 10–20 раз соответственно (в зависимости от глубины залегания обрабатываемых рудных тел) при прочих равных условиях;
- б) рудник СГД обладает гибкой структурой, позволяющей легко регулировать его производительность изменением количества действующих скважин;
- в) на создание рудника СГД требуется в 3–15 раз меньше времени, чем на строительство карьера или шахтного комплекса сопоставимой мощности;
- г) за счет процесса самоизмельчения и самообогащения полезного ископаемого в системе «подземная камера – скважина – пульповод – слив – карта намыва» добываемый продукт приобретает новые «качества, выгодно отличающие его от продуктов, получаемых на обогатительных фабриках»;
- д) функционирование рудника СГД существенно снижает экологическую нагрузку на окружающую среду и не приводит к нарушению гидродинамического состояния массива, так как вода находится в обороте.

Минимальное воздействие на окружающую среду добычных работ с использованием технологии скважинной гидродобычи можно объяснить следующим:

- в отличие от открытого способа разработки, характеризующегося отчуждением значительных территорий как под непосредственно горные работы (карьер), так и под наземные сооружения,

связанные с размещением отвалов пустых пород, хвостов обогащения, а также существенным нарушением гидрогеологического режима местности, при разработке способом скважинной гидродобычи отчуждение земель происходит под контуром рудного тела, транспортные коммуникации в основном носят временный характер;

- территории, занятые под комплекс обогатительных фабрик, значительно уменьшаются из-за сокращения количества операций технологического цикла;
- при этом срок возврата земель, занятых под горные работы, значительно сокращается, поскольку работы по восстановлению поверхности земли производятся по завершении отработки добычных камер.

При эксплуатации месторождений с применением скважинной гидротехнологии производится рекультивация земель, состоящая из двух стадий: горнотехнической и биологической.

Горнотехническая рекультивация заключается в подготовке земель после окончания разработки месторождения для различных видов последующего освоения (биологическая рекультивация, водное хозяйство, строительство).

Биологическая рекультивация включает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель после окончания горнотехнической рекультивации, возвращению их в сельскохозяйственное и лесное использование, созданию благоприятных для жизнедеятельности человека ландшафтов.

Целью рекультивации на участке добычных работ является сохранение ландшафта и нормальных экологических условий местности. Цель частично достигается уже в ходе производства добычных работ путем выполнения мероприятий по горнотехнической рекультивации после отработки камер.

Последствия работ проявляются в виде проседаний или провалов поверхности и представляют замкнутое корытообразное углубление глубиной до 5–7 м с подошвой волнообразного характера (вследствие неравномерного проседания). Технологическая схема рекультивации состоит из следующих операций: засыпка провалов; планировка поверхности; нанесение и планировка почвенно-растительного слоя. Первые две операции выполняются практически одновременно с разработкой, так как крупнозернистые пески и закладочный материал из хвостохранилища засыпаются в провалы после выхода обрушения на поверхность. На территориях временных сооружений, таких как склад закладочного материала, водозабор, илоотстойник и другие, горнотехническая рекультивация осуществляется после окончания их эксплуатации.

Биологическая рекультивация предусматривает восстановление почвенно-растительного слоя и посев многолетних трав. Учитывая относительную малоценность земель на территории опытных работ, биологическую рекультивацию целесообразно осуществить естественным путем. Площади, отчуждаемые под сооружение склада закладочного материала, водозабора и илоотстойников, могут быть использованы после проведения работ по их очистке под пруды для разведения пресноводной рыбы [13].

Независимо от технологии закладки с целью уменьшения нарушенности почвенно-растительного слоя производится предварительное снятие его как на участке добычного блока, так и при сооружении различного вида поверхностных хранилищ. Снимаемый почвенно-растительный слой перемещается бульдозером в спецотвалы по границам сооружений, а с поверхности над добычным блоком — по границе блока. После полной отработки блока и засыпки провалов почвенно-растительный слой распределяют по поверхности.

Становление и применение скважинной гидротехнологии в разных сферах народного хозяйства за рубежом

Как видно из рисунка, скважинная гидротехнология может применяться и уже применяется в разных сферах народного хозяйства в развитых странах мира.

1. Средства разведки (скважинное гидравлическое опробование — СГО) осадочных и россыпных месторождений в сложных горно-геологических условиях, позволяющие повысить достоверность геологоразведочных данных и поднимать технологические пробы массой от сотен килограммов до нескольких тысяч тонн, отказавшись от проходки дорогостоящих разведочных шахт, шурфов, штолен.

2. Самостоятельный способ разработки (скважинная гидродобыча — СГД). СГД твердых полезных ископаемых заключается во вскрытии месторождения скважинами, гидромониторном размыве полезного ископаемого, перемещении его к гидродобычному агрегату и эрлифтной выдаче на поверхность в виде пульпы. Непосредственными рабочими агентами, воздействующими на полезное ископаемое при способе СГД, являются вода и сжатый воздух, подаваемые в скважины с поверхности.

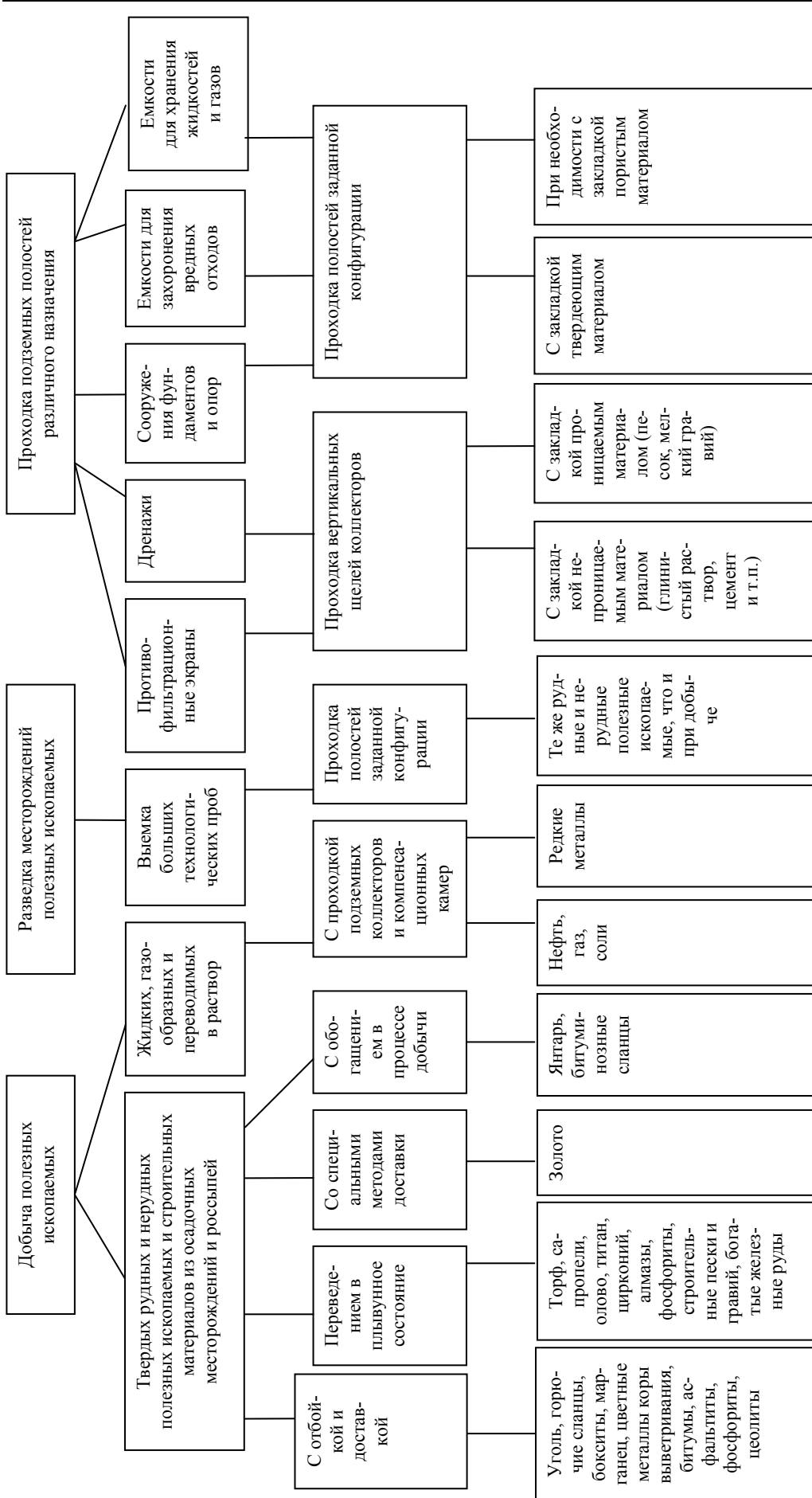


Рис. 1. Области применения скважинной гидротехнологии. (Примечание. Данные работы [14].)

Метод СГД впервые был предложен в 1932 г. в США Э.Клайтором и в 1936 г. П.М.Тупицыным в СССР. В бывшем Советском Союзе в 60-х годах XX столетия Государственный НИИ горно-химического сырья (ГИГХС) впервые провел комплексные опытно-промышленные работы по скважинной гидродобыче полезных ископаемых.

В 70-х годах кафедра геотехнологии Московского геолого-разведочного института (МГРИ) существенно расширила возможные сферы применения метода, нашла новые технические и технологические решения для разработки ураносодержащих осадочных месторождений, провела первые опыты по скважинной гидродобыче золота и других полезных ископаемых.

В конце 70-х годов ГИГХС предложил и передал в комиссию по КМА АН СССР и Минчермет СССР технологию СГД для добычи рыхлых руд КМА. По разработанной ГИГХСом технологии в 1975–1982 гг. на кингисеппском ПО «Фосфорит» проводились опытно-промышленные испытания по добыче руды с глубины 20–25 м при мощности пласта 2,5–3 м.

В 1980–1982 гг. в районе Самотлора на шести площадках проводились опытные работы по СГД с применением мобильного оборудования. Было добыто 2,3 тыс. м³ песка из одной скважины с глубины 64 м (мощность пласта — 8 м), 3,2 тыс. м³ — с глубины 55 м, 1,2 тыс. м³ — с глубины 270 м. Средняя производительность при этом составила 20 м³/ч.

Сотрудниками МГРИ им. С.Орджоникидзе в 1975–1988 гг. проводились опытные работы по СГД руды из гидрогенного месторождения, представленного фосфатосодержащими остатками руды. Пласт мощностью от 1 до 3 м погружается на глубину до 212 м. Добычу осуществляли через скважины диаметром 320 мм, добычное оборудование — односкважинное с секционным вертикальным стволом диаметром 273 мм. Оно состояло из гидромонитора с одной боковой насадкой 15–20 мм и гидроэлеватора. При увеличении глубины разработки предусмотрено применение гидроэрлифта. Разрушение руды осуществляли струей воды под давлением 4,8 МПа при расходе 300 м³/ч. Производительность гидроэлеватора достигла 9–10 м³/ч. В 1989–1991 гг. проведены опытно-методические работы по СГД рудных песков на Малышевском титано-циркониевом месторождении (Верхне-Днепровский ГМК). В 1989–1994 гг. различными организациями Роскомнедра выполнены опытно-методические работы на ряде месторождений титано-циркониевых россыпей, фосфоритов, глауконитов, бурого угля, россыпного золота и строительных песков.

В последние годы опытные работы по СГД полезных ископаемых проводились в США, Канаде, ЮАР, Венгрии, Польше и других странах.

В США СГД испытывали при разработке ураносодержащего песчаника (месторождение Беар Крик), залегающего на глубине 30–32 м. Мощность пласта — 1,8 м. Гидромонитор и гидроэлеватор были совмещены в одном агрегате диаметром 324 мм. Добычное оборудование опускалось в скважину диаметром 406 мм.

В 1981–1982 гг. в штате Флорида проводили промышленные испытания по добыче фосфоритов на глубине 101 м из пласта мощностью 6 м. Диаметр скважины составлял 406 мм, производительность достигала 45–50 т/ч.

В штате Вашингтон были проведены опытные работы по СГД коксующегося угля с глубины 262 м. Использовались скважины диаметром 300 мм, пробуренные на расстоянии 20 м друг от друга, рабочую жидкость подавали под давлением 10–15 МПа, в отдельных случаях 70 и даже 100 МПа.

Опыт Российской Федерации показывает, что технология СГД представляет огромный интерес для добычи богатых железных руд, залегающих на больших глубинах (600–900 м). В ходе опытных работ на месторождениях КМА производительность гидродобычного оборудования составила более 20 т/ч. Технология характеризуется простотой, обеспечивает снижение себестоимости добычи железных руд в 2–3 раза по сравнению с добычей подземным способом и в 1,5–2 раза по сравнению с открытым способом. Примером предприятия, работающего с использованием новой технологии, является опытный рудник на Шамраевском участке Больше-Троицкого месторождения КМА, где впервые в мировой практике способом СГД извлечено с глубины 620 м около 100 тыс. т руды с содержанием железа до 68 %. Определенный интерес для нашей страны представляет также работа по созданию скважинных технологий добычи угля в России. Выполненный по заданию компании «Росуголь» комплекс исследовательских, конструкторских и проектных работ позволил создать основу для опробования метода СГД на угольных месторождениях Российской Федерации.

Рассматривая перспективу СГД для добычи угля, необходимо на основе проведения опытных работ оценить возможность применения этого метода для условий различных типов месторождений. Значительный интерес представляет проведение опытных работ по гидрогазоимпульсному разруше-

нию угольного пласта, а также приведение его в подвижное состояние с помощью химических, микробиологических и различных физических воздействий, в том числе, используя горное давление, для доставки угля к добычным скважинам [15,16].

Относительная комфортность производства связана с тем, что при СГД люди отстранены от участия в тяжелом и опасном процессе подземной добычи. На некоторых месторождениях железных руд, цветных металлов, угля добычные работы ведутся на глубинах, превышающих 800–1000 м, со всеми вытекающими отсюда последствиями: горные удары, внезапные выбросы воды, газа, породы, угля, руды и т.п., а такие работы ежегодно уносят сотни человеческих жизней.

Этим способом можно обрабатывать месторождения, которые, по сути, практически нереально обрабатывать традиционными способами: например, месторождения, расположенные в поймах рек, под промышленными и другими застроенными территориями или месторождения мелкие по запасам, сложного геологического строения (состоящее из большого числа линз, штоков, крупных гнезд и т.п.).

Эффективность освоения отдельных месторождений полезных ископаемых методом скважинной гидродобычи в Казахстане

В последние годы в республике проявился интерес к освоению ряда месторождений, характеризующихся слабосцементированным минеральным сырьем. Анализ мирового опыта разработки месторождений с подобными геомеханическими свойствами породных массивов свидетельствует о значительной эффективности их освоения методом скважинной гидродобычи. Учитывая это, в течение 10 лет ВНИИЦветметом совместно с кафедрой подземной разработки и геологии месторождений (ПРиГ) Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д.Серикбаева (ВКГТУ) проводились исследования по выяснению возможности отработки этим методом циркон-ильменитовых россыпей Сатпаевского рудного поля, месторождений силикатного никеля и лигнитов. В лабораторных условиях изучены геомеханические свойства руд, физико-химические свойства слагающих их минералов и гидросмеси из этих руд. Полученная информация, кроме оценки возможностей метода скважинной гидродобычи, позволила составить технологические схемы контроля качества руд и управления им в рудопотоке [17].

По данным лабораторных исследований выявлено, что принципиальная схема комбинированной технологии гидродобычи и обогащения циркон-ильменитовых россыпей может обеспечить до 93–95 % извлечения. При этом суммарный выход нерудного продукта составит 88–93 % от общего количества перерабатываемой горнорудной массы.

Выполненная технико-экономическая оценка скважинной гидродобычи показала, что минимальная мощность отрабатываемых рудных тел на Сатпаевском месторождении может быть снижена до 0,8–1 м (при карьерной добыче — 4 м).

Положительные результаты получены и при оценках скважинной гидродобычи на месторождениях силикатного никеля Восточного Казахстана.

Сочетание скважинной гидродобычи с контролем содержания никеля в гидросмесях, поступающих из добычных скважин, позволит значительно снизить потери и разубоживание по сравнению с добычей карьером. Минимально допустимая мощность отрабатываемых рудных тел может быть снижена до 1 м [17].

В ходе исследования также доказано, что при освоении лигнитовых месторождений, расположенных на территории Семипалатинского Прииртышья, с помощью скважинной гидродобычи можно параллельно с пульпой, пригодной для использования в качестве топлива на ближайшем цементном заводе, извлекать и янтарь [17].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о больших перспективах использования скважинной гидродобычи при освоении разнообразного слабосцементированного минерального сырья в пределах Большого Алтая.

В Институте горного дела (ИГД) им. Д.А. Кунаева НАН РК проведены исследования по использованию скважинной гидравлической технологии (СГТ) для добычи битуминозных пород, представляющих собой пески, глины, алевролиты, пропитанные природным битумом. В процессе исследования [18] установлено, что при СГД битуминозных пород могут быть использованы как камерные варианты, так и варианты сплошной разработки. Эффективность скважинной гидравлической добычи битуминозных пород определяется кинетической энергией гидромониторной струи, температурой рабочего агента. Чем больше энергия струи, т.е. чем больше расход рабочего агента через насадку

гидромонитора и напор на насадке, тем выше эффективность размыва и дальность действия струи, т.е. радиус размываемой камеры. Эффективность размыва увеличивается также с повышением температуры рабочего агента. Расход рабочей жидкости и напор на насадке гидромонитора определяются конструкцией скважинного гидромониторного оборудования. Оптимальная температура рабочей жидкости 80–90 °С.

При скважинной гидравлической технологии добычи битуминозных пород битум из породы в значительной части отмывается в момент разрушения породы гидромониторной струей и доставки ее к скважине. Оставшаяся часть битума отмывается из породы на поверхности. Битум может быть извлечен из пульпы отстаиванием или флотацией.

Проведенным исследованием определено [18], что камерный вариант разработки битуминозных пород приводит к потере значительной доли запасов в междукамерных целиках. Поэтому осуществлялось насыщение массива битуминозной породы горячим моющим раствором в сочетании с воздействием на нее гидромониторной струи. Это приводит породу в подвижное состояние (состояние пльвуна) и делает возможным сплошную отработку залежи битуминозных пород с плавным опусканием покрывающих пород без их нарушения.

Как показало исследование, предложенные технологические варианты обеспечивают комплексное использование битуминозных пород. Товарной продукцией при скважинной гидравлической добыче битуминозных пород является битум в чистом виде или в виде эмульсии с содержанием битума до 50–60 %, а также мытый строительный песок. Моющий раствор находится в постоянном обороте.

Таким образом, в данном случае обеспечивается безотходное экологически чистое производство.

Безусловно, весьма актуальным является вопрос о замене опасного подземного способа горного производства на более безопасную скважинную гидродобычу, например, на месторождениях со сложными гидро- и горнотехническими условиями их отработки. К тому же широко обсуждаемая проблема убыточности отдельных шахт Карагандинского бассейна вполне может быть решена путем доработки запасов способом СГД.

Нужно отметить, что работа по созданию скважинных технологий добычи угля была начата в МГГУ (Московский государственный горный университет) в начале 90-х годов прошлого столетия. Ее научной основой явилось положение об энергетической недостаточности процесса добычи угля — энергетические затраты на добычу, транспортировку и переработку угля с учетом затрат на получение средств этой добычи и материалы составляют до 80–95 % от потенциальной энергии, заключенной в добываемом угле. Поэтому, как считают специалисты, наиболее реальным и рациональным решением по повышению энергетической эффективности добычи угля могут явиться лишь скважинные технологии его добычи как энергетически более экономные, наименее капиталоемкие, так и более социально привлекательные (безопасные, экологически чистые и т.д.).

Опираясь на результаты этих исследований, можно констатировать, что раскрытие научной проблемы разработки комплексов СГД угля невозможно без интеграции научных знаний, накопленных горной наукой. Решение сложных задач каждого процесса СГД угля и их согласование между собой требует взаимодействия смежных фундаментальных наук, а также продолжения аналитических исследований для создания фундамента СГД угля нового технико-экономического уровня, т.е. технологии будущего.

Сказанное выше позволяет нам сформулировать вывод о том, что проблему разработки комплексов СГД угля целесообразно решать с использованием системных методов исследований [19]:

1. При обосновании правомерности использования системного анализа для разработки комплекса СГД угля последний необходимо рассматривать как большую искусственную систему (БС).

2. Скважинная гидравлическая добыча угля в силу вероятностного характера поведения, вызванного, в свою очередь, случайным воздействием на нее горно-геологических и горно-технических факторов, характеризуется определенной траекторией движения в пространстве, точное повторение которой на определенном отрезке времени невозможно. Вероятностный характер поведения СГД угля обуславливает также ее многовариантность и возможность большого количества альтернативных траекторий поведения.

3. Технология СГД угля должна основываться на строгом иерархическом принципе организации. Низшим иерархическим уровнем СГД угля является совокупность процессов и операций, отдельные устройства и оборудование, организация добычных и вспомогательных работ. Высший иерархический уровень — порядок отработки выемочного блока, определяющий направление проведения групп добычных и транспортных скважин, направление выемки угля в выемочном блоке, протяжен-

ность поддерживаемых выработок, схемы проветривания, схемы ремонта добычного и транспортного оборудования.

4. Поскольку для СГД угля характерно многоцелевое поведение, система должна проявлять стремление к достижению минимума блоков, составляющих технологию. Но в то же время технологии СГД просто необходим блок обезвоживания угля, осветления воды и илоудаления.

5. Рассматривая СГД как сложную систему, в ней нужно выделить комплекс взаимосвязанных технологических процессов и операций (подсистем) — подготовку выемочного блока (бурение и оборудование добычных и транспортных скважин; монтаж и демонтаж оборудования различного назначения; очистную выемку (разрушение угольного массива); пульпоприготовление, безнапорный и напорный гидротранспорт; управление горным давлением; обезвоживание угля, осветление технологической воды и илоудаление).

6. Для каждой из перечисленных подсистем характерно множество определяющих параметров. Подготовка выемочного блока определяется горно-геологическими условиями, составом средств бурения и оборудования скважин различного назначения. Очистные работы, кроме характеристики горно-геологических условий, применяемого оборудования и выемки, включают горнотехнические параметры, к которым в данном случае относятся: направление выемки, параметры выемочной полосы, размеры выемочного блока, способ управления горным давлением и т.д.

7. Технология скважинной гидродобычи угля, помимо процесса собственно разработки, включает и процесс гидравлической доставки разрушенного материала на поверхность. Для этой цели предусматривается выдачная скважина. В данном случае она пробуривается от поверхности земли по вертикали до подошвы пласта. В качестве конкретного выдачного устройства в процессе опытных работ предусматривается использование эрлифта, а также напорной выдачной трубы. В качестве резервного средства, как вариант, может быть использован гидроэлеватор.

Обычно для обеспечения бесперебойной работы эрлифта в его конструкцию включают гидромониторную насадку, направленную в сторону приемного отверстия, или используют автономно работающий монитор, периодически направляемый в сторону приемного отверстия.

8. Для высокопроизводительного и надежного функционирования комплексов СГД угля необходимо разработать структуру и элементную базу комплекса в целом, а также модулей обезвоживания угля и осветления воды, водоснабжения и илоудаления, которые включают, например, использование специальных выработок или емкостей в комплексе с багерэлеваторами и тонкослойными осветлителями для более интенсивного сгущения пульпы и осветления воды, выработанного пространства и комплексов профилактической заилки для утилизации накопившегося ила.

Видимо, в работах будущих периодов следует добиться полной автоматизации всех добычных работ и создать по-настоящему безлюдную технологию добычи угля, где человек будет только следить за работой автоматизированных систем разработки, а технология СГД откроет для этого широкие перспективы.

Перспективность способа СГД как горной технологии будущего

Как показывает зарубежный опыт, на основе богатых руд и СГД можно организовать производство высококачественного железорудного сырья — металлургических брикетов и других ценных продуктов. Способ СГД позволяет не только в короткие сроки отработать марганцевые руды, но и получить концентраты высокого качества без строительства обогатительной фабрики, так как окисленные руды будут не только разрушены и извлечены струей воды, но и обогащены в этом процессе. В дальнейшем не только окисленные, но и другие типы марганцевых руд можно обрабатывать способом СГД. По данным [20], только с помощью способа СГД можно рентабельно отработать окисленные руды в Казахстане на глубоких горизонтах месторождений Камыс и Ушкатын-III.

Значит, СГД — это горная технология будущего, но не далекого, а близкого. Освоение технологии СГД, в том числе и в Казахстане, в недалеком будущем позволит:

- эффективно восполнять выбывающие мощности горнодобывающих предприятий;
- улучшить структуру железорудного сырья за счет увеличения доли богатых чистых руд;
- создать уникальную базу для получения высококачественных продуктов (металлов, проката и др.) с особыми свойствами;
- повысить экономическую эффективность горнодобывающей и металлургической отраслей;
- приступить к коренным изменениям в металлургическом производстве, осуществляя переход от коксохимической схемы получения металла к бескоксовой;

- снизить вредное воздействие на окружающую среду в процессе добычи руд и углей;
- выйти на внешний рынок с высококачественным углем, металлом и металлоизделиями.

Для широкого промышленного внедрения способа СГД в Казахстане необходимо дальнейшее проведение комплекса научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ с целью научного обеспечения новой технологии добычи твердых полезных ископаемых и решение следующих задач:

а) комплексное изучение месторождений, пригодных для отработки способом СГД (геологическое строение, структура, стратиграфия, морфология месторождений, вещественный состав руд и вмещающих пород, гидрогеология и гидродинамика);

б) уточнение влияния способа СГД и геолого-структурных факторов на экологическую обстановку (гидрохимическое поле пресных вод, распространение вредных в экологическом отношении компонентов и пр.);

в) разработка научных основ новой технологии добычи трещиновато-пористых руд, основанной на разрушении рудного массива совместным действием горного давления и закачиваемой в массив водо-воздушной смеси;

г) разработка способов разуплотнения рудного, рудно-породного массива с целью создания искусственного коллектора для захоронения минерализованных и загрязненных вод;

д) изучение возможности расширения минерально-сырьевой базы Республики Казахстан за счет вовлечения в отработку способом СГД месторождений со сложными горно-геологическими условиями, а также глубоких горизонтов обрабатываемых месторождений;

е) подготовка предложений по промышленной оценке месторождений с учетом требований технологии СГД;

ж) оценка возможностей комплексной переработки богатых руд СГД с использованием безотходных и экологически чистых технологий;

з) выполнение экономической оценки эффективности разведки, добычи и переработки глубоко-залегающих богатых железных руд в условиях рыночной экономики и подготовка предложений на разработку проектов промышленных предприятий;

и) обоснование потребности в новых технических средствах для проведения геофизических, геолого-разведочных, добычных работ способом СГД и комплексной переработки богатых железных руд с целью получения чистых материалов.

Государственное значение проблемы создания и внедрения скважинной геотехнологии добычи полезных ископаемых диктует необходимость формирования Республиканского научно-исследовательского и экономического центра по разработке всех вопросов по проблеме скважинной технологии добычи твердых полезных ископаемых. В ведении такого Центра должны находиться научные разработки, опытно-конструкторские работы, экологические, геологические, инженерно-геологические, геофизические, экономические и другие исследования. Государство должно держать под контролем эту проблему.

References

1. *Arens V.J., Ismagilov B.V., Shpak D.N.* Chink hydro extraction of fossil. — M.: Bowels, 1980. — 355 p.
2. *Babichev N.I.* Chink hydro extraction of fossil technology. — M.: MGRI, 1981. — 249 p.
3. *Levchenko E.N., Beschastnii A.M., Nitsevich O.A.* Rare metal sands recycle complex technology during extraction by CHE // Mining magazine. — 1996. — № 4. — P. 17–19.
4. *Krenov R.S.* Kazakhstan's mining industry innovational-industrial development strategy priorities — Astana: KazUEFMT Publishing house, 2010. — 539 p.
5. *Kolibaba V.L.* Ore and applying rock collapsing chink hydro extraction technology // Mining magazine. — 1995. — № 1. — P. 19–22.
6. *Babichev N.I., Nikolaev A.N.* Chink hydraulical technology — basis of highly economical ore fossil mining small companies // Mining magazine. — 1996. — № 4. — P. 5–9.
7. *Tigunov L.P., Pankov A.V., Babichev N.I.* Chink extraction technology in market economy // Mining magazine. — 1996. — № 4. — P. 10–12.
8. *Semenova M.P., Golubev A.A.* System of geophysical providing to hydrochink fossil extraction technology // Mining magazine. — 1995. — № 1. — P. 32–35.
9. *Zhurin S.N., Siromyasskii I.L.* Control of massif dislocation in the ore stoutness during chink hydro extraction // Mining magazine. — 1995. — № 1. — P. 35–38.

10. *Arens V.J., Pankov A.V. et al.* Chink hydro extraction of ore experience at the Shamraev district of KMA // Mining magazine. — 1995. — № 1. — P. 23–26.
11. *Zhurin S.N., Strelcov V.I., Kolesnikov V.I.* Surrounding components monitoring during chink hydro extraction // Mining Magazine. — 2000. — № 11–12. — P. 86–89.
12. *Karenov R.S.* Coal and ore mining chink technology perspectives // Modern problems of bowels complex mastering and ways of solving these problems: International scientific-practical conference materials / Almaty DGP «IGD named after D.A.Kunaev», 26th January 2007. — Almaty: Work of institute of mining named after D.A.Kunaev «Ensuring scientific-technical providing of mining industry». — 2007. — Vol. 73. — P. 157–166.
13. *Liber U.V., Kroitor R.V.* Working exploitation of cyrcon-titan sands of Thorium deposit // Mining Magazine. — 1996. — № 4. — P. 12–17.
14. *Babichev N.I.* Chink hydro technology — new way of mastering bowels // Mining magazine. — 1995. — № 1. — P. 14–18.
15. *Arens V.J., Chchean G.H.* Chink hydro extraction of coal // Coal. — 1996. — № 3. — P. 16–18.
16. *Arens V.J., Chchean G.H.* Chink hydro extraction of coal // Coal. — 1996. — № 5. — P. 18–22.
17. *Ananin A.I., Bortsov A.I. et al.* Perspectives of using the methods of chink hydro extracting at East Kazakhstan // Kazakhstan mining magazine. — 2004. — № 1. — P. 6–8.
18. *Altaev S.A., Tumakov V.A. et al.* Chink hydraulic technology of mining bithuminostic rocks in Kazakhstan // Complex using of mineral raw material. — 1992. — № 11. — P. 75–77.
19. *Micheev O.V., Melnik V.V.* Working out complexes of chink hydraulic coal seam work // Coal. — 1999. — № 10. — P. 54–56.
20. *Tigunov L.P., Babichev N.I.* Expanding using field of chink hydro extracting // Mining magazine. — 1995. — № 1. — P. 27–29.

УДК 622.74

Состояние и развитие научно-исследовательских работ по проблеме переработки угля в синтетическое жидкое топливо

A condition and development of research works on a problem of processing of coal in synthetic liquid fuel

Каренов Р.С.

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: karenov_r@inbox.ru)

Көмірден синтетикалық сұйық отын алу идеясының пайда болуы және оның жүзеге асуы ашылып көрсетілген. Қоңыр және тас көмірлерден сұйық отын өндіру техникасы мен технологиясының қазіргі кездегі жай-күйі қарастырылған. Көмірден синтетикалық сұйық отын алудың жаңа технологиялары мен үдерістерінің өзіндік ерекшеліктері қарастырылған. Шет елдерде көмірден синтетикалық сұйық отын алу өндірісінің дамуы және оның тиімділігі талданған. Көмірді жерасты газдандыруда бөлінетін газдардан аммиак, метанол және сұйық отын өндіру технологиясының принципті сызбасы келтірілген. Қазақстанның жекелеген кен орындарындағы көмірлерді терең химиялық өңдеу деңгейінің сипатына көңіл бөлінген. Табиғи газ бен көмірді тиімділігі жоғары және экологиялық таза синтетикалық мотор отындарының құнды түрлеріне ұқсату тиімділігіне баға берілген.

Origin and implementation of the idea of reception of synthetic liquid fuel from coal is revealed. The current state of technics and the production technology of liquid fuel from brown and black coals are revealed. Prominent features of new technologies and processes of reception synthetic liquid from coal are considered. Efficiency of development of synthetic liquid fuel manufacture on the basis of extracting coals abroad is analyzed. The circuit diagram of manufacture of ammonia, methanol and liquid fuel from gas of underground gasification of coal is suggested. Attention is paid to the condition of development of deep chemical processing of coals of separate Kazakhstani coalfields. The efficiency estimation of processing natural gas and coal into valuable kinds of highly effective and non-polluting synthetic motor fuel is given.

Современное состояние техники и технологии производства синтетического жидкого топлива

Производство синтетического жидкого топлива из твердых горючих ископаемых, в частности из бурых и каменных углей, имеет относительно длинную историю. Первые опыты по решению этой проблемы на основе метода гидрогенизации были проведены в Германии Ф.Бергиусом.