© Л.А. Пучков, Ю.Ф. Васючков,
Б.М. Воробьев, С.Б. Воробьев,
М.Ю. Васючков,
М.Ю. Кирьянова, 2006

УДК 622.272

Л.А. Пучков, Ю.Ф. Васючков, Б.М. Воробьев,
С.Б. Воробьев, М.Ю. Васючков, М.Ю. Кирьянова

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ КАРЬЕРНОЙ ГИДРОДОБЫЧИ УГЛЯ, ВНУТРИЦИКЛОВОЙ УГЛЕГАЗИФИКАЦИИ ПРИ ГЕНЕРИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ДВОЙНОМУ ПАРО-ВОДОРОДНОМУ КОМБИНИРОВАННОМУ ЦИКЛУ

Семинар № 15

Современные способы производства и использования энергии не отвечают ни экономическим, ни социальным, ни экологическим требованиям.

Проблемам устойчивого развития энергетики в России, как и во всем мире придается большое значение. Существующие способы производства и использования энергии все более входят в противоречие с требованиями устойчивого развития, более того они могут привести к глобальному экономическому и экологическому коллапсу нашей цивилизации. Вступив в новое столетие, человечество вполне отчетливо осознает возникшую реальноощутимую потребность – коренного изменения глобальной системы энергообеспечения Проблема заключается в том, чтобы найти принципиально новые способы производства и использования энергии – как инструмента, обеспечивающего устойчивое развитие мировой цивилизации. Встает необходимость разработки и внедрения в практику принципиально новых экономически и экологически эффективных технологий и социально приемлемые способы снабжения энергией и её использования.

Добыча и использование угля как первичного энергоносителя при существующих технологиях имеют определенные ограничения экономического, экологического и социального характера. Переход на “Чистые угольные технологии” позволит существенно снизить или даже полностью устранить эти сдерживающие факторы более широкого использования угля в большой энергетике. Одним из наиболее перспективных направлений является *Углегазификация и создание на её основе* Угольно- *водородной энергетики.* Сущность водородных технологий в углеэнергетике заключается в том, что химическая энергия углерода, заключенная в угле и углеметане переносится на водород, который и используется в качестве конечного топлива для выработки электроэнергии (турбогазопарогенераторами или химическими элементами). В этом случае уголь не подвергается прямому сжиганию, а сначала газифицируется, после чего из генераторного газа вырабатывается водород, который и используется как конечное топливо. Такое конверсионное двухстадийное преобразование угля: **уголь – генераторный газ – водород- электричество** позволяет создавать высокоэффективные углеэнергетические системы с нулевыми или близкими к ним выбросами парниковых газов в атмосферу. наиболее дешевым

сырьем для получения водорода является уголь.

Сложившаяся в настоящее время в электроэнергетике система «производитель – транспорт – потребитель» должна быть интегрирована в комплексную технологическую систему «Угле-Газ-Элек-тричество», административно оформленную в горно-угле-энергетическое предприятие с конечным выходом продукции в виде электричества.

В связи с общим ростом энергопотребления в мире проблемы добычи, переработки и утилизации угля становятся все более актуальными, т.к. в стратегическом плане именно уголь является наиболее надежным и конкурентоспособным видом топлива на длительную перспективу. Запасы угля могут на протяжении столетий даже при увеличивающихся объемах мировой добычи обеспечивать потребность энергетического сектора всей мировой экономики.

Уголь должен рассматриваться как базовое стратегическое топливо, ресурсы которого настолько велики, что позволяют строить долговременную политику развития угольной энергетики России. В этом контексте на первый план выдвигается требование ресурсосбережения – максимально возможное использование угольных ресурсов и ресурсов углепластового метана.

Вторым, но не менее важным является требование обеспечения экологической безопасности угле-энергетичес-кого производства.

Современные ныне используемые традиционные технологии угле-энергетического производства вызывают значительные отрицательные воздействия на окружающую среду в результате выбросов поллютантов в атмосферу

Особо остро стоит вопрос экологической чистоты выбросов электростанций, питающихся углем. Ныне используемые технические средства снижения выбросов газов и пыли в атмосферу – продуктов прямого сжигания угля на ТЭС – не могут кардинально решить экологическую проблему загрязнения окружающей среды угольной электроэнергетикой. Только переход на новые технологии использования угля как энергоносителя позволит решить эту проблему. В частности, одним из таких технологических решений является отказ от прямого сжигания угля и переход на газификацию угля с последующим использованием генераторного газа или выделенного из него водорода в парогазотурбинных установках комбинированного цикла.

Одним из таких инновационных решений может служить концептуальная модель Энергетического Комплекса на базе карьерной гидродобычи угля, внутрицикловой углегазификации при генерировании электроэнергии по двойному пароводородному комбинированному циклу может быть воплощена в локальном угольно-водородном комплексе для эксплуатации каменноугольных и буроугольных месторождений при достаточно широкой гамме горно-геологических условий и качественных характеристиках углей. В известных концептуальных моделях предусматривается подземная скважинная гилродобыча угля и углегазификация с последующим сжиганием генераторного газа в качестве топлива в турбинных газогенераторах комбинированного цикла. Угле-энергетические комплесы на базе таких моделей имеют следующие недостатки:

- низкая степень извлечения угля из массива при использовании скважинной гидродобычи;
- относительно более высокие выбросы парниковых газов (SO_x,, NO_x, CO_2) – продуктов прямого сжигания смеси генераторного газа в атмосферу;

Предлагаемая модель может быть реализована в комплексах, созданных на базе угольных месторождений с достаточно разнообразными горно-геологическими условиями:

- кондиционные и некондиционные пласты каменного и бурого угля;
- пласты угля мощностью от 0,35 - 0,40 м и выше (без ограничения);
- угли низкосернистые вплоть до высоко-сернистых углей;
- умеренная обводненность месторождений;
- угольные пласты, залегающие на глубине до 100 м (при геологическом коэффициенте вскрыши не более 1:10;
- умеренная нарушенность месторождения, при минимальном количестве разрывных нарушений;
- угли практически любой зольности;
- участки с забалансовыми запасами, непригодными для отработки традиционными методами;
- участки с ограниченными запасами угля, допускающими шнеко-буро-вую выемку угля;
- новые разведанные участки угольных месторождений с кондиционными запасами, разработка которых открытым способом оказывается экономически выгодной.

Эта технологическая схема может быть использовано для прямого (на месте залегания угольных пластов) получения электрической энергии по комплексной ресурсосберегающей экологически чистой технологии при эксплуатации угольных месторождений энергетических углей путем совместной открытой гидродобычи угля, внутрицикловой углегазификации и получения электроэнергии на газо-парогенераторах по двойному паро-водородному циклу. Генераторный газ не подвергается сжиганию, а используется в качестве исходного продукта для получения водорода – топлива для выработки электроэнергии на водородных турбогенераторах, работающих по двойному комбинированному циклу с паротурбинными генераторами. Такова технология локального угле-газ энергетического комплекса, в котором интегрированы основные технологические процессы: открытой гидро- угледобычи, внутрицикловой углегазификации и генерирования электроэнергии на водородном топливе.

Открытая гидродобыча угля производится по традиционной технологии путем использования высоконапорных гидромониторов с последующим напорным гидротранспортом водоугольной пульпы. В качестве альтернативной технологии при выемке угля по схеме"High Wall" применяются или шнеко-буровые установки или узкозабойные комбайны с дистанционным управлением. В обоих случаях, выданный на поверхность уголь смешивается с водой и водоугольная пульпа подается по трубопроводу в углегазификатор, расположенный в газоперерабатывающем блоке.

Здесь происходит очистка генераторного газа и получение из него водорода как конечного чистого топлива, направляемого в энергоблок, где и вырабатывается электроэнергия на водородных турбогенераторах и паротурбинных установках, работающих по комбинированному циклу; здесь же парниковые газы (SO_x, NO_x и CO_2) – отходы при выделении водорода, превращаются в твердые отходы производства, подлежащие или использованию или захоронению. Некоторая часть полученного водорода из блока газопереработки в смеси с водяным паром направляется в углегазификатор.

Получаемая электроэнергия направляется в сеть к потребителю, а некоторая часть используется для собственных нужд угле-энергетического комплекса.

Концептуальная технологическая схема получения электроэнергии на локальных угле-энергетических комплексах на водородном топливе с использованием генераторного газа внутрицикловой углегазификации показана на рис. 1.

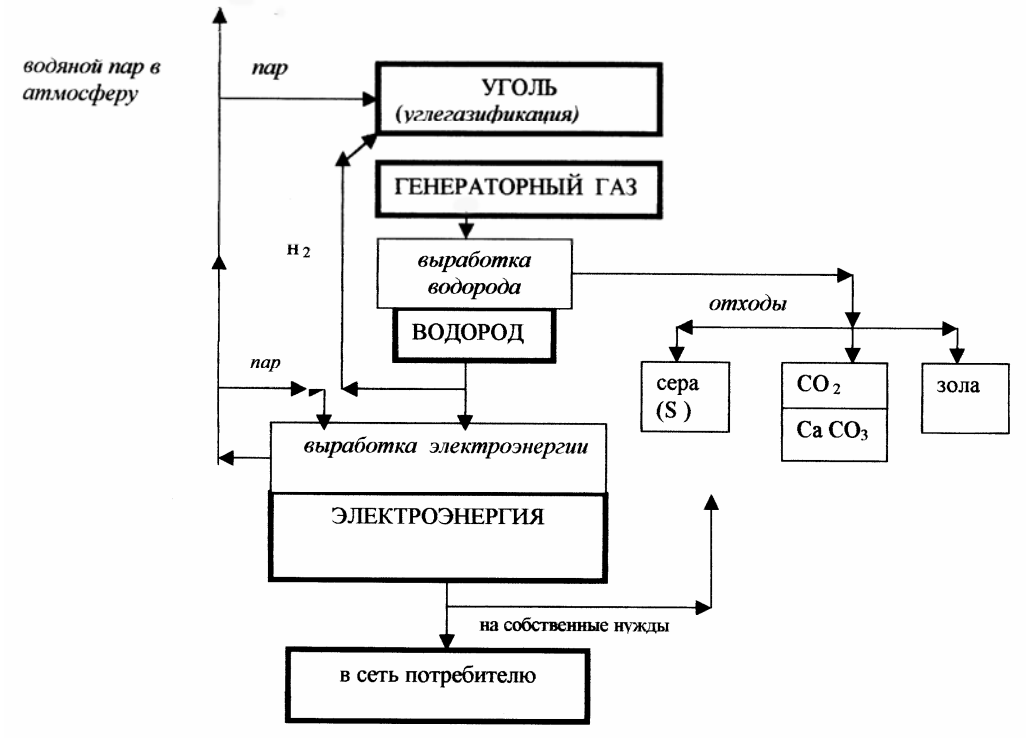


Рис. 1. Принципиальная схема чистых угле-энергетических систем на водородном топливе с использованием генераторного газа углегазификации

Генераторный газ подземной углегазификации не являются конечным топливом для выработки электроэнергии как это предусматривалось в ранее предложенных технологических схемах, а является исходным сырьем для получения водородного топлива, которое является экологически чистым, ибо при его сгорании в атмосферу выбрасывается только водяной пар.

Принципиальная схема продуктопотоков при выработке электроэнергии по двойному паро-водородному комбинированному циклу с использованием внутрицикловой углегазификации пока-зана на рис. 2.

Основными горючими компонентами генераторного газа при углегазификации являются водород (H_2), окись углерода (CO) и в небольших объемах метан (CH_4). Обычно содержание свободного водорода в генераторном углегазе колеблется от 20 до 56 %). Свободный водород выделяется из генераторного газа в результате реакции окиси углерода с водяным паром

$CO + H_2O = CO_2 + H_2$

В результате взаимодействия метана с парами воды также образуется свободный водород

$CH_4 + 2H_2O$

$CO_2 + 4\ H_2$.

Содержание метана в генераторном газе составляет 18-22 %.

Часть полученного таким образом свободного водорода возвращается в газогенератор для поддержания процесса углегазификации.

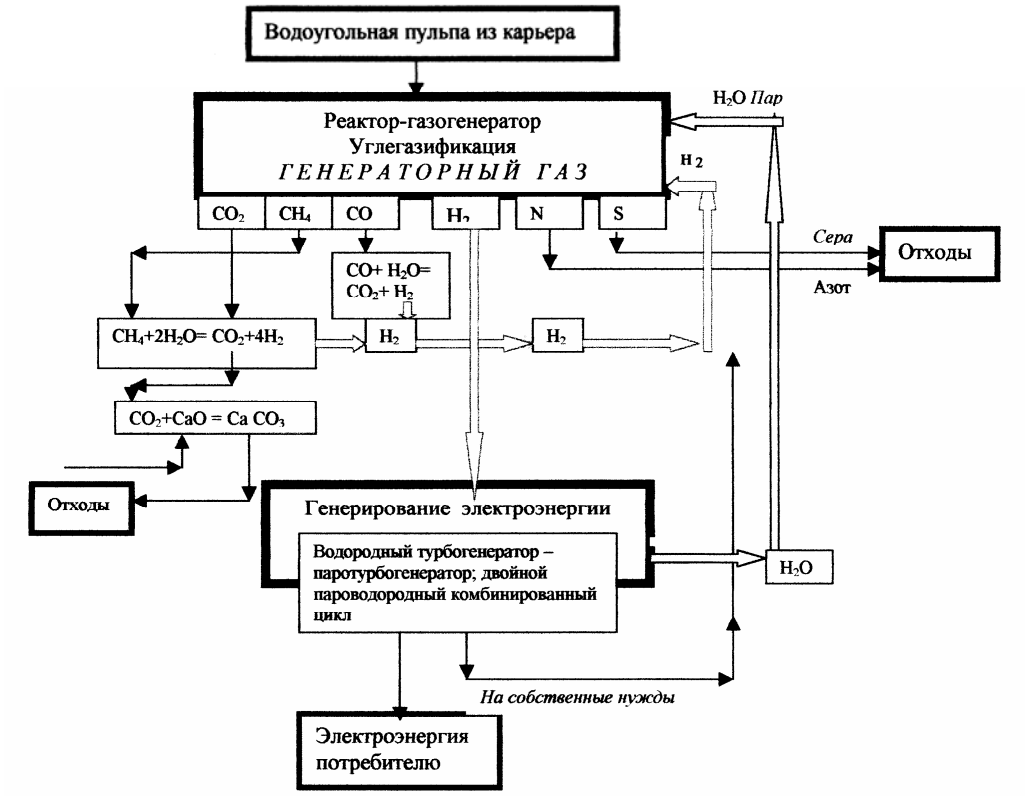


Рис. 2. Схема продуктопотоков и электроэнергии при двойном пароводородном комбинированном цикле

Двуокись углерода, вступая в реакцию с окисью кальция превращается в карбонат кальция по формуле

$CO_2 + Ca\,O = Ca\,CO_3$

Карбонат кальция идет в отходы. Также в отходы идет сера и азот, находящиеся в генераторном газе. Таким образом, обеспечивается использование генераторного газа как сырья для производства водорода - топлива для генерирования электроэнергии при нулевых выбросах загрязняющих веществ в атмосферу.

В газоперерабатывающем блоке производится очистка генераторного газа, из которого выделяется свободный водород, направляемый в энергоблок как топливо для выработки электроэнергии на турбо парогазогенераторах комбинированного цикла. Отработанные высокотемпературные газы из газовой турбины (перегретый пар) направляются в теплообменник (I-й контур). Образованный пар из теплообменника поступает в паровую турбину (паротурбо-электрогенератор). Отработанный пар из паровой турбины вместе с низкотемпературным паром из газовой турбины в смеси с водородом направляется в углегазификатор (рис. 3). Таким образом обеспечивается двойной комбинированный паро-водородный цикл для поддержания процесса углегазификации (II-й контур).

При использовании водородного топлива выбросы парниковых газов (SO_x, NO_x и CO_2) в атмосферу полностью исключа-

ются; при сжигании водорода в атмосферу выбрасывается только нетоксичный водяной пар. Особенностью

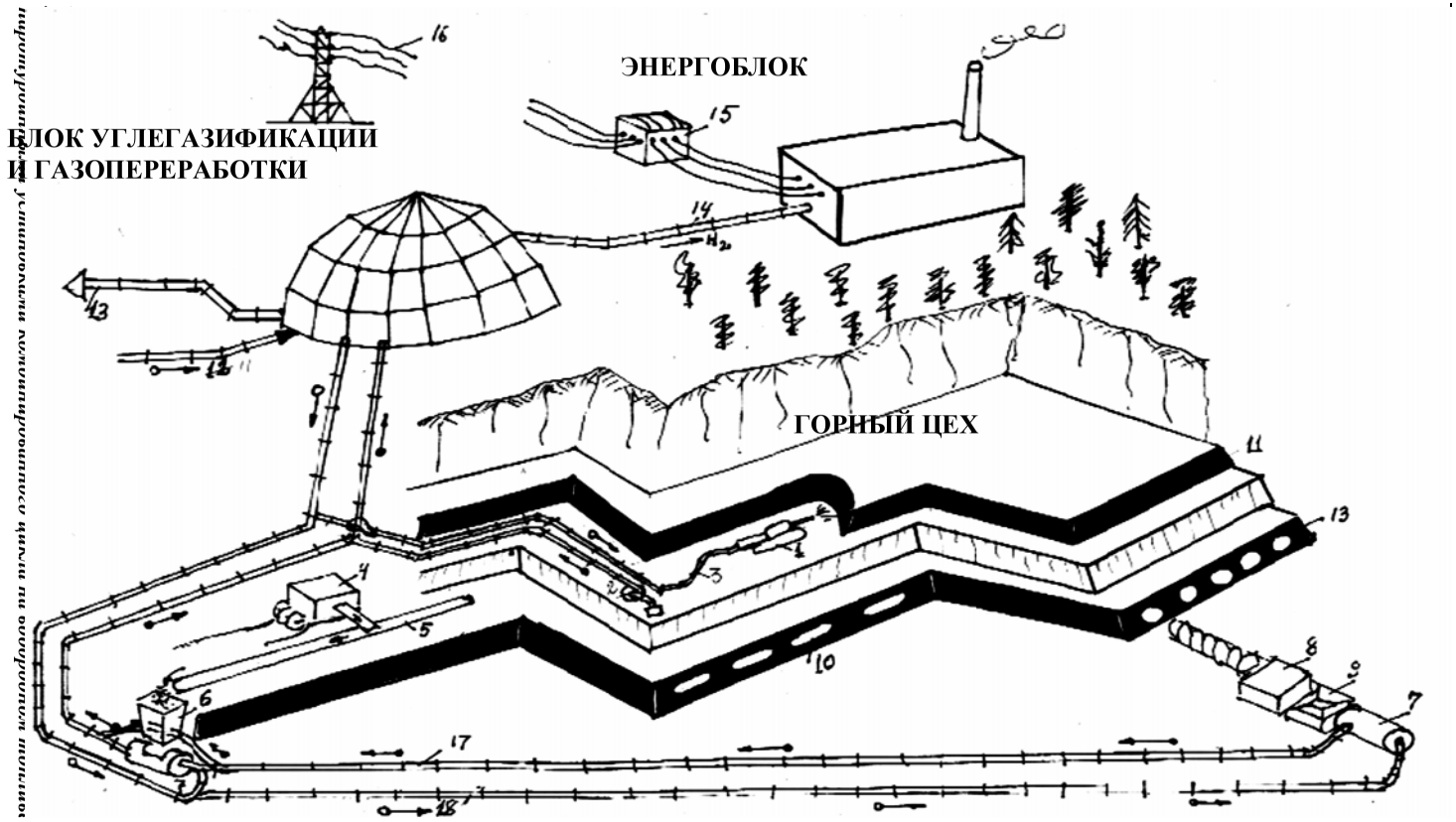


Рис. 4. Гипотетический образ локального угле-газ-энергетического комплекса с механо-гидравлической выемкой угля на карьере, внутрицикловой углегазификацией, газо-паротурбинными установками комбинированного цикла на водородном топливе: *1*– гидромонитор; *2* – углесос; *3* – напорный водовод; *4* – фрезерный комбайн; *5* – ленточный конвейер; *6* – бункер; *7* – питатель; *8* – шнеко-буровой комбайн; *9* – бункер; *10* – камеры; *11* – верхний пласт угля; *12* – водовод; *13* – нижний угольный пласт; *14* – водородный трубопровод; 15 – трансформатор; 16 – электростанция с парогазотурбинными генераторами; 17 – трубопровод водо-угольной пульпы; 18 – водовод; 19 – отходы углегазификации и газоочистки

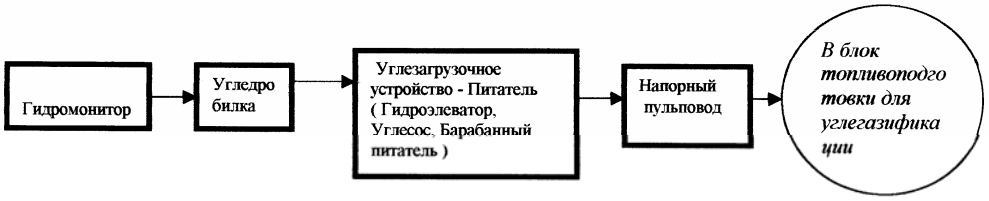


Рис. 5. Технология гидромониторной выемки угля на карьере

данной технологии является улавливание двуокиси углерода, которая связывается с кальцитом, превращаясь в карбонат кальция, подлежащий захоронению или использованию.

Гипотетический образ локального угле-газ-энергетического комплекса с механо-гидравлической выемкой угля на карьере, внутрицикловой углегазификацией, газо-паротурбинными установками комбинированного цикла на водородном топливе показан на рис. 4. Комплекс состоит из *горного цеха* (угольный карьер), *блока углегазификации и газопереработки* (пульподготовка, углегазификация, очистка генераторного газа и получение водорода) и *энергоблока*, где вырабатывается электроэнергия.

Горный цех представляет угольный карьер, где выемка угля ведется гидромониторами или механо-гидравличес-ким способом. Образованная в процессе добычи угля на карьере водо-угольная пульпа по трубам направляется в блок углегазификации и газопереработки для газификации угля и получения генераторного газа как исходного продукта для выработки водородного топлива, с использованием которого и генерируется электроэнергия.

Добыча угля ведется открытым или открыто-подземным способом с выемкой угля гидравлическим или механо-гидравлическим способом по четырем альтернативным технологиям.

Открытая гидромониторная выемка угля на уступе карьера (Вариант “А”) ведется по технологической схеме, показанной на рис. 5.

Открытая разработка угля на уступе с применением фрезерных комбайнов типа КСМ с конвейерной доставкой отбитого угля (Вариант “Б”) ведется по технологической схеме, показанной на рис. 6.

Открыто-подземная разработка с применением шнеко-буровых агрегатов, включающих: шнеко-буровую машину, угледробилку и барабанный питатель ведется по технологической схеме (вариант “В”) предстаавленной на рис. 7.

Открыто-подземная разработка с выемкой угля в камерах комбайном с дистанционным управлением ведется по технологической схеме (вариант “Г”), показанной на рис. 8. На рис. 4 показаны только камеры.

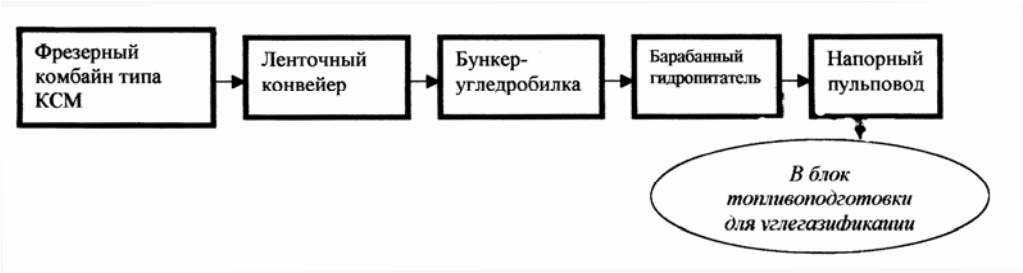


Рис. 6. Технологическая схема выемки угля на карьере фрезерным комбайном типа КСМ (вариант “Б”)

Рис. 7. Технологическая схема выемки угля открыто-подземным способом с помощью шнеко-бурового агрегата (вариант "В").

Общим для всех четырех технологических схем является наличие дробильно - загрузочного устройства ДЗУ и последующий гидротранспорт водоугольной пульпы в блок топливо-подготовки и газопереработки. Это обеспечивает непрерывность, поточность и малооперационность выемки и транспортировки угля

Технологическая схема локального угле-газ–энергетического комплекса с использованием генераторного газа углегазификации как топлива в паро-газо турбогенераторах комбинированного цикла характеризуется тем, что с целью повышения общей энергетической и экологической эффективности комплекса предлагается использование водорода как конечного топлива, получаемого из генераторного газа в паро-газо турбогенераторах паротурбинных электрогенераторах (по двойному паро-водородному комбинированному циклу), включающая механо-гидравличес-кую добычу угля на карьере и гидротранспорт водо-угольной пульпы в блок топливоподготовки и поверхностную углегазификацию с целью получения генераторного газа, как исходного продукта для выделения водорода как замыкающего топлива, что обеспечивает повышение КПД газо-паротурбинных электрогенераторов и полное исключение выбросов в атмосферу парниковых газов, что в конечном счете обеспечивает значительное повышение эколого-экономической эффективности всего комплекса.

Структура Локального угле-газ энергетического комплекса, состоящая из горного цеха, топливо-подготовитель-ного и энергетического блока характеризуется тем, что в горном цехе ведется открытая или открыто-подземная выемка угля и подготовка водо-угольной пульпы, в топливо-подготовительном блоке осуществляется газификация угля.с последующей очисткой генераторного газа и выделением из него свободного водорода.

Добыча угля ведется открытым или открыто-подземным способом с выемкой угля гидравлическим или механо-гидравлическим способом по четырем альтернативным технологиям-вариан-там: 1) Открытая гидромониторная выемка уг-

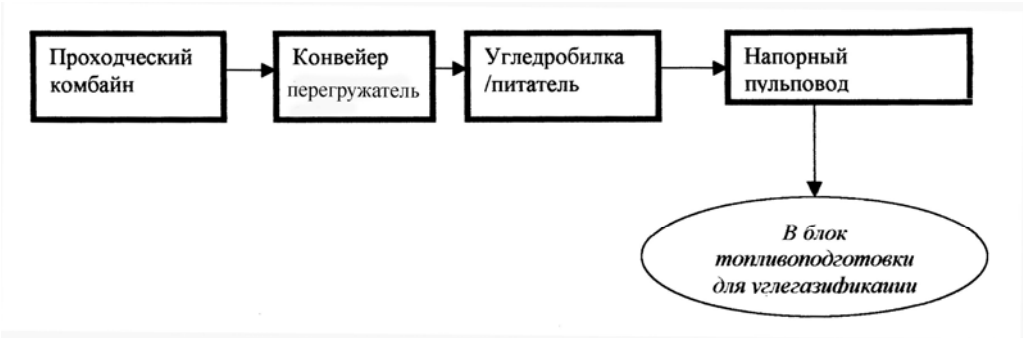


Рис. 8. Технологическая схема выемки угля открыто-подземным способом с помощью узкозабойного комбайна с дистанционным управлением (вариант "Г")

ля на уступе карьера. 2) Открытая выемка угля на уступе с применением фрезерных комбайнов типа КСМ. 3) Открыто-подземная разработка с применением шнеко-буровых агрегатов. 4) Открыто-подземная разработка с выемкой угля в камерах комбайном с дистанционным управлением. Общим для всех четырех технологических схем является наличие дробильно-загрузочного устройства ДЗУС, состоящего из угледробилки и питателя (углесоса) и последующий гидротранспорт водоугольной пульпы в блок топливо-подготовки и газопереработки.

Энергетическая политика России в новых условиях должна основываться на экономически эффективных, экологически чистых и ресурсосберегающих технологиях эксплуатации угольных месторождений и углеэнергетики. Перспективы использования угля в электроэнергетике России будут определяться его конкурентоспособностью, прежде всего с природным газом. Эта конкурентоспособность угля в значительной степени зависит от уровня экономической эффективности угледобывающего и угле-энерге-тического производства и от степени воздействия этих производств на окружающую среду.

С целью достижения высокой экономической и экологической эффективности угле-энергетики необходимо создавать интегрированные предприятия с непосредственно сопряженными горно-технологическими процессами добычи угля/метана и физико-энергети-ческими процессами выработки электроэнергии. Одним из таких решений и является рассмотренная выше концептуальная модель угле-энергетического комплекса будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васючков Ю.Ф., Воробьев Б.М.* Патент Российской Федерации № 2126891. “Способ получения электроэнергии на основе скважинного метаноотсоса и газификации угля”. 1996.
2. *Васючков Ю.Ф., Воробьев Б.М.* Патент Российской Федерации № 2100588. “Способ получения электроэнергии при бесшахтной углегазификации и/или подземном углесжигании”. 1997.
3. *Атрушкевич А.А., Казаков С.П., Стефанюк Б.М., Атрушкевич В.А.* Гидротранспорт угольных шахт. – М. 1994., Изд. МГУК.
4. *Атрушкевич В.А.* Научные основы, конструирование и прогноз геомеханических параметров интенсивной технологии подземной гидромеханизированной разработки крутых угольных пластов с открытых горных выработок. – М.: МГГУ, 1997.
5. *Михеев О.В., Атрушкевич В.А, Саламатин А.Г.* Разработка угольных месторождений с использованием открытых техногенных выемок. – М.: изд. МГГУ, 1995.

Коротко об авторах

Пучков Лев Александрович – ректор Московского государственного горного университета, член-корр. РАН,
Васючков Ю.Ф. – профессор, доктор технических наук,
Воробьев Б.М., Воробьев С.Б., Васючков М.Ю., Кирьянова М.Ю. –
Московский государственный горный университет.

© К.Н. Трубецкой, Ю.И. Волков, А.А. Изотов, Ю.В. Пономаренко,

УДК 622.5

К.Н. Трубецкой, Ю.И. Волков, А.А. Изотов, Ю.В. Пономаренко

ОСУШЕНИЕ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СИСТЕМАМИ ВОССТАЮЩИХ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН – ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

Семинар № 15

В настоящее время в России и большинстве других стран приповерхностные и необводненные, крупные и суперкрупные месторождения практически отработанны. Поэтому дальнейшее развитие минерально-сырьевой базы во многих регионах связано с необходимостью освоения глубокозалегающих и обводненных месторождений или глубоких горизонтов на действующих предприятиях, характеризующихся весьма сложными гидрогеологическими условиями, разработка которых без проведения комплекса осушительных мероприятий практически неосуществима. Острота возникшей проблемы в особенности заметно стала нарастать со второй половины прошлого века с началом строительства новых горно-добывающих предприятий на запасах месторождений железорудного бассейна Курской Магнитной Аномалии.

Уже в самом начале нового этапа развития горнодобывающей отрасли стало очевидным, что применяемые способы и системы нуждаются в радикальном совершенствовании, то есть проблемы осушения глубоких горизонтов и месторождений должны решаться на технически новом и высоком уровне. Для решения этой задачи в бассейне КМА в г. Белгороде в 1959 году был организован специализированный институт по осушению месторождений полезных ископаемых «ЦНИИгоросушение» (теперь ФГУП ВИОГЕМ), в работе которого были привлечены ведущие силы АН СССР ИГД им. А.А.Скочинского, ВСЕГИНГЕО, ВОДГЕО, Московского горного и геологоразведочного учебных институтов, «НИИКМА» и др.

Направления исследований определялись содержанием проблем, возникающих в горно-добывающей промышленности, основные из них состояли в:

- освоении более глубоких и обводненных месторождений;
- переходе к отработке глубоких горизонтов на действующих предприятиях;
- переходе на ряде предприятий на комбинированный открыто-подземный и подземный способы разработки месторождений;
- освоении месторождений в арктической зоне и в других регионах с суровыми неблагоприятными климатическими условиями;
- необходимости разработки месторождений под водными объектами и др.

Весьма неполный перечень возникших проблем говорит о том, что в большинстве случаев работа над ними начинается, как правило после их возникновения. С этой точки зрения, идея осушения глубокозалегающих месторождений системами восстающих дренажных скважин, закладываемых из подземных горных выработок, возникла своевременно с принятием решения о строительстве Яковлевского подземного рудника КМА.

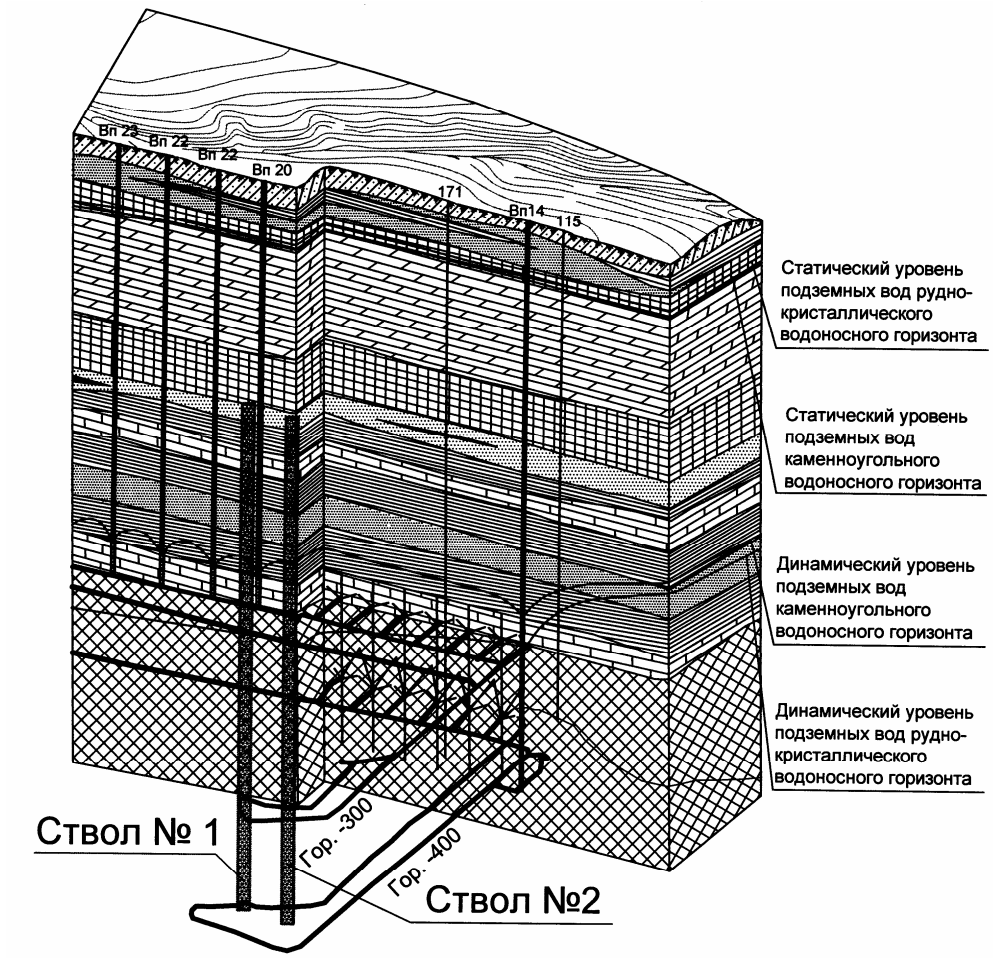


Рис. 1. Схема осушения Яковлевского рудника

Богатые железные руды Яковлевского месторождения залегают на глубинах 500-580 м и перекрыты мощной толщей обводненных осадочных пород. На площади первоочередной отработки развиты семь водоносных горизонтов с напорами подземных вод до 600 м. Здесь следует подчеркнуть, что более 50 % руд представлены рыхлыми неустойчивыми разностями (рис. 1).

При отработке месторождения с закладкой выработанного пространства в обводнении горных выработок принимают участие воды каменноугольного и рудно-кристаллического водоносных горизонтов.

В этих условиях институтом была предложена новая технология осушения указанных водоносных горизонтов, которая состояла в переходе к осушению указанных горизонтов системами восстающих дренажных скважин [1].

Для претворения сформулированной идеи нового технического решения предстояло решить ряд сложных теоретических, технологических и организационных задач. Наиболее масштабной и сложной из них была связана с разработкой технических средств, необходимых для реализации предлагаемой технологии в промышленных условиях.

Для этого было необходимо разработать конструкции параметрического ряда буровых установок применительно к различным горно-геологическим условиям, выполнить конструкторскую документацию, изготовить опытные образцы новой буровой техники, провести заводские, а затем приемочные испытания в промышленных условиях, освоить серийный (малосерийный) выпуск технических средств и организовать внедрение разработанных технологий и технических средств в промышленных масштабах.

В связи с длительными сроками проходки глубоких шахтных стволов и недостаточными объемами финансирования строительства Яковлевского рудника, предложенная технология и экспериментальный образец установки подземного бурения (УПБ-1) проходили испытания при строительстве Запорожского железорудного комбината № 1 (ЗЖРК № 1) на Южно-Белозерском месторождении, которое в определенной мере является аналогом Яковлевского месторождения. На Запорожском комбинате взамен системы водопонижающих скважин и сквозных фильтров было пробурено и введено в эксплуатацию 105 восстающих скважин глубиной до 150 м, что позволило обеспечить необходимое снижение уровней вод бучакского водоносного горизонта и подготовить рудник к сдаче в эксплуатацию.

Успешные испытания предложенных технологий и технических средств убедили научно-техническую общественность и специалистов руководящих структур в эффективности нового способа осушения глубокозалегающих месторождений. Полученные на практике удовлетворительные результаты стали тем необходимым толчком для открытия финансирования на продолжение научно-исследовательских и опытно-про-мышленных работ в соответствии с выдвинутой концепцией новой технологии и технических средств осушения.

Анализ отрабатываемых и перспективных глубокозалегающих месторождений позволил установить технологические параметры безопасного бурения восстающих скважин и технические характеристики требуемых технических средств, которые согласно поставленной цели должны были обеспечить:

- бурение восстающих наклонных и вертикальных скважин в заданном направлении и необходимой глубины;
- проходку скважин в вертикальной плоскости с углом наклона к горизонту от 0^0 до 90^0;
- бурение дренажных скважин как в устойчивых, так и в неустойчивых обводненных трещиноватых и песчано-глинистых породах;
- проходку скважин буровыми установками в породах от I до XII категории пород по буримости глубиной до 500 м;
- разработку буровых установок на базе гидроприводов;
- отклонения забоя от заданного направления на каждые 100 м бурения не более чем на 1 м;
- недопущение прорывов воды и выноса обводненных пород по стволу скважины, значительно превышающих ее объем;
- вскрытие дренируемого горизонта при сохранении природной водопроницаемости и формировании в прифильтровой зоне естественного фильтра;
- возможность использования энергоисточников, имеющихся в подземном дренажном комплексе;
- безаварийность буровых работ при вскрытии высоконапорных водоносных горизонтов с применением превенторных устройств;
- заданную первоначальную скважность, целостность и водопропускную способность установленного фильтра;
- определение уплотнений в узлах буровых установок с учетом пластовых давлений подземных вод при превышении их не менее чем на 50 %;

- безотказную работу в шахтных условиях с повышенной влажностью;
- унификацию отдельных узлов и блоков буровых установок с применением гибких соединений между собой, легкость выполнения монтажно-демон-тажных работ, различные варианты размещения отдельных блоков в горных выработках;
- механизацию трудоемких операций при бурении скважин;
- соответствие габаритов блоков буровых установок параметрам подземных горных выработок, отдельных камер и рассечек;
- допустимую массу отдельных узлов установок;
- создание насосными блоками установок противодавления, превышаю-щего естественные пластовые до 50 %;
- оснащение буровых установок приспособлениями для их транспортировки в подземных горных выработках;
- наличие устройств для раскрепления бурового агрегата в горных выработках, способных воспринимать все реактивные силы, возникающие при бурении;
- конструктивные решения в соответствии с требованиями правил безопасности для подземных горных работ.

Важным результатом выполненного анализа следует считать вывод о том, что в связи с многообразием природных условий месторождений полезных ископаемых и параметров горных выработок возникает необходимость в разработке параметрического ряда спе-циализированных буровых установок.

По итогам промышленных и приемочных испытаний установки УПБ-1 институтом ВИОГЕМ была разработана первая специализированная установка УПБ-1М, которая затем выпускалась малыми сериями. В 1982 г. была принята ведомственной комиссией установка дренажного бурения УДБ-12, в 1984 г. – установка УДБ-8 (рис. 2), которая также рекомендована к постановке на производство. В 1989 году проведены приемочные испытания установки УДБ-9. В последние годы были созданы еще две установки УДБ-8-01 для бурения восстающих скважин на глубину 300 м и установку нового поколения УДБ-8-01М - до 500 м. Все перечисленные установки в настоящее время выпускаются малыми сериями экспериментальным цехом ФГУП ВИОГЕМ [1].

Основные технические характеристики разработанных буровых установок приведены в таблице.

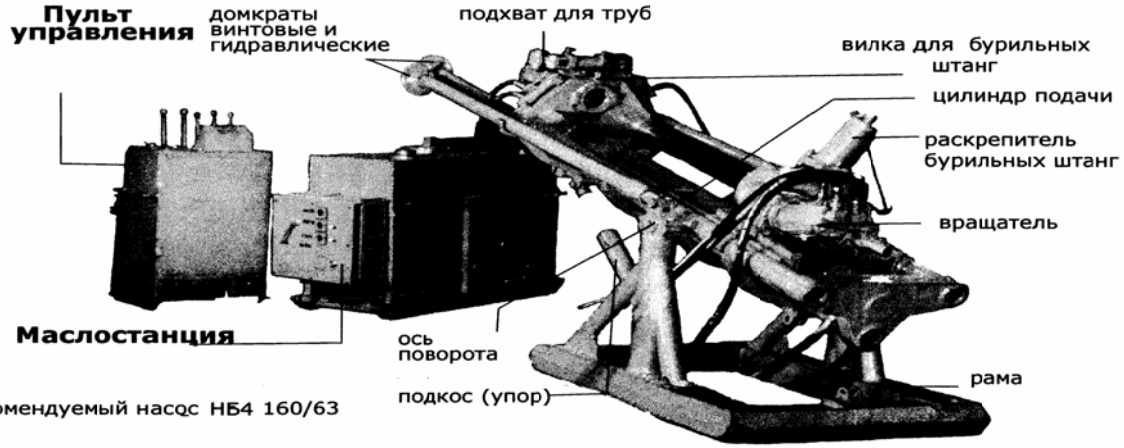
Одновременно с буровыми установками разработано и выпускается необходимое технологическое оборудование (буровой инструмент, обвязка устьев скважины, фильтровые колонны, водовыпуски и др.).

Главными достоинствами созданных для подземных условий буровых установок следует считать: применение гидроприводов, блочность, простота монтажа, обеспечение безопасности бурения, возможность бурения в любых породах по прочности и устойчивости под высокими напорами подземных вод.

- Для разработки нового способа осушения месторождений был применен комплексный подход. Параллельно

Буровые установки типа УДБ-8, УДБ-9 и УДБ-8-01 предназначены для бурения вертикальных, горизонтальных и наклонных дренажных скважин при напорах на устье до 7,5 МПа и технических скважин шарошечными долотами и погружными пневмоударниками, разведочных скважин твердосплавными и алмазными коронками в подземных горных выработках, карьерах и на промплощадках.

У буровых установок типа УДБ-8М, УДБ-9М и УДБ-8-01 повышена эффективность бурения разведочных скважин, т.к. Они имеют высокую частоту вращения бурильных штанг, что позволяет применять и алмазные коронки.



Технические характеристики буровых установок типа УДБ

Типы установок	УДБ-8	УДБ-9	УДБ-8-01	УДБ-8М	УДБ-9М	УДБ-8-01М
Рекомендуемая глубина бурения, м	150	150	300	250	250	500
Диаметр бурения, мм начальный:	190	190	190	190	190	190
Конечный:	93	93	93	59	59	59
Привод бурового станка:	Гидравлический					
Усилие подачи, кН						
- при подаче в скважину:	100	100	120	100	100	120
- при обратном ходе:	50	50	120	100	100	120
Частота вращения шпинделя вращателя, $С^{-1}$	0..2,33	0..2,33	0..3,0	0..21	0..21	0..21
Крутящий момент максимальный, нМ	800	800	1600	800	800	3400
Ход подачи, мм	1400	925	1400	1400	925	1400
Установленная приводная мощность, кВт	20	20	35	24	24	53
Диаметр бурильных штанг, мм	89,73,63	89,73,63	89,73,63	89,73,63, 50,42	89,73,63 50,42	89,73,63, 50,42
Угол бурения к вертикали, град.			0...180			

Рис. 2. Буровые установки типа УДБ

с разработкой технологии и технических средств авторами проводились:
теоретические исследования по гидродинамическому обоснованию эффективности предложенного способа и
разработке методики фильтрационных расчетов систем восстающих скважин в различных пластовых условиях;

- разработка методики математического моделирования систем осушения с использованием компьютерных технологий для наиболее сложных геолого-гидрогеологических условий;
- работы по созданию справочно-нормативной базы и технической литературы, необходимых для проектирования дренажных систем;
- освоение предложенного способа осушения месторождений;
- освоение серийного (малосерийного) выпуска новых технических средств;
- организация подрядного звена по выполнению на предприятиях строительно-монтажных работ по сооружению дренажных систем, базирующихся на применении восстающих скважин и многое другое.

Созданные прогрессивные технологии и технические средства осушения месторождений позволяют устранить или обойти основные недостатки и слабые стороны применявшихся известных традиционных способов осушения глубоких месторождений, а именно [1]:

- отказаться от необходимости бурения глубоких водопонижающих скважин и сквозных фильтров;
- уйти от весьма сложных конструкций водопонижающих скважин, пересекающих покровную толщу отложений, содержащих несколько высоконапорных водоносных горизонтов;
- не проходить дополнительных горных выработок для подсечения водопонижающих скважин в результате их искривления при переводе их в сквозные фильтры;
- не применять погружных скважинных насосов и проведение одновременной откачки воды из большого числа скважин, что заметно снижало эксплуатационную надежность дренажной системы;
- сократить значительные объемы ремонтных работ по замене погружных насосов;
- значительно снизить объемы гидроизоляционных работ в целях предотвращения смешения подземных вод и дополнительного их поступления в горные выработки;
- устранить возможность проникновения загрязнений с поверхности через устья скважин или затрубному пространству, а также из других пересекаемых скважинами водоносных горизонтов;
- не решать сложные вопросы энергоснабжения и автоматизации работы водопонижающих скважин;
- не сооружать протяженные коллекторы для отведения дренажных вод, особенно в суровых климатических условиях;
- не бурить новые дополнительные водопонижающие скважины в связи с их ликвидацией при выполнении вскрышных работ;
- не оставлять значительный столб воды в восстающих скважинах, необходимый для нормальной эксплуатации погружных насосов в водопонижающих скважинах;
- значительно упростить оперативность управления водоотбором и уровенным режимом в процессе осушения.

Отмеченные преимущества позволяют существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты на осушение месторождений, повысить надежность, техническую и экономическую эффективность осушения месторождений предложенным способом.

Указанные преимущества разработанных технологий и технических средств

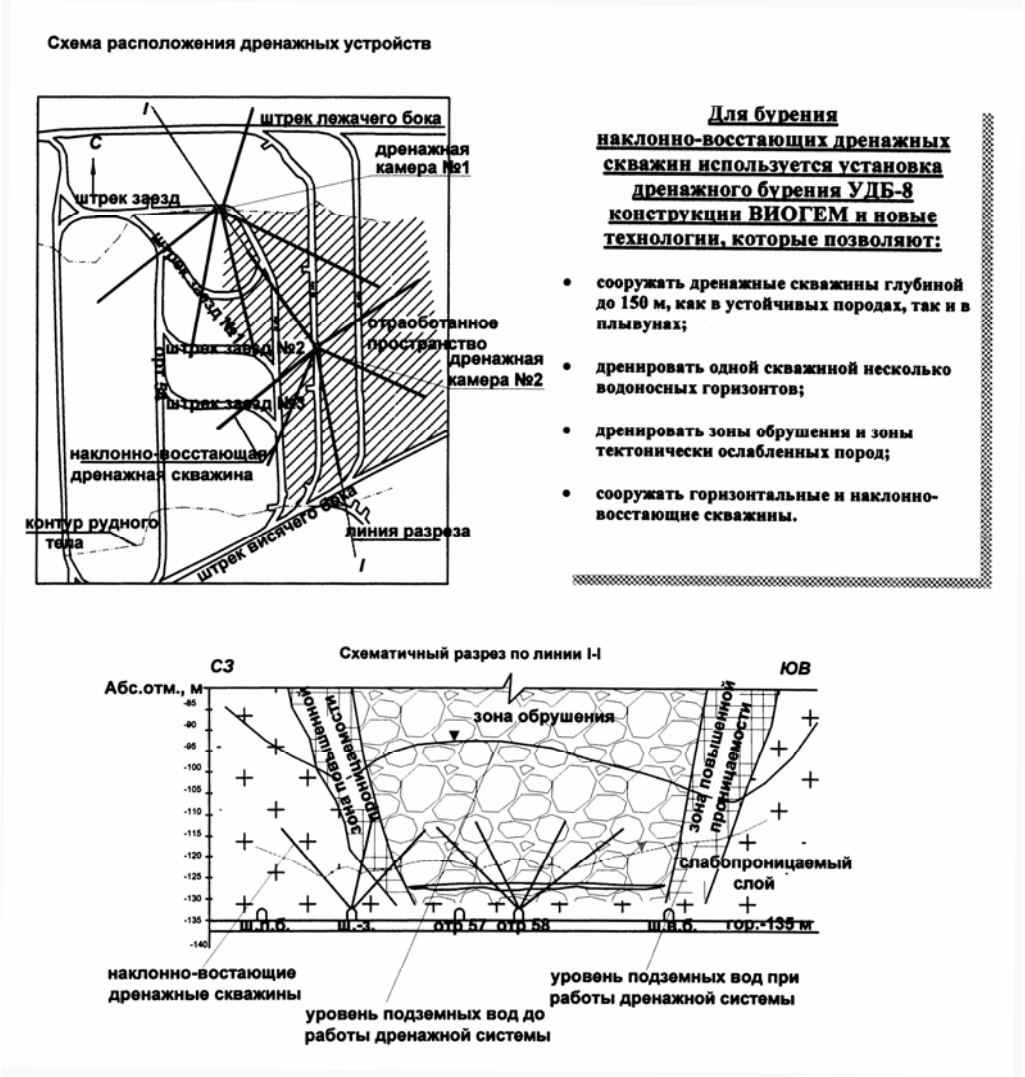


Рис. 3. Система осушения шахтного поля наклонно-востающими дренажными скважинами

обеспечили широкий фронт внедрения нового способа.

На сегодня системы восстающих дренажных скважин и технические средства для их сооружения внедрены в производство на предприятиях:

- России: Стойленский, Михайловский, Лебединский и Ковдорский ГОКи, комбинат «Печенганикель», Яковлевский рудник (рис. 1);
- в Украине: Запорожский железорудный комбинат и Таврический ГОК;
- в Казахстане: Качарский и Донской ГОКи (рис. 3), Соколовско-Сарбайский подземный рудник и Экибастузский угольный комбинат;
- в странах дальнего зарубежья: карьер Мааньшаньского металлургическо-

го комбината (Китай), рудники Северной Чехии (продана лицензия).

В настоящее время пробурено более 1200 восстающих скважин (без учета закрытых предприятий).

Суммарный годовой экономический эффект по состоянию на 2003 год превысил 1,2 млрд рублей.

Способ защиты рудников и шахт от обводнения с помощью систем восстающих дренажных скважин относится к числу приоритетных технологий и имеет значительные перспективы для широкого применения в будущем.

Достаточно отметить, что глубина разработки ряда месторождений АК «Алроса» открытым способом достигла своих предельных значений. Для поддержания алмазодобычи на достигнутом уровне компания «Алроса» осу-ществляет развитие подземного способа разработки подкарьерных запасов. В настоящее время функционирует подземный рудник «Интернациональный», уже начато строительство подземных рудников «Мир» и «Айхал», в стадии завершения проектирования подземный рудник «Удачный», на котором предельная глубина карьера (610 м) будет достигнута в 2010 году. Месторождения алмазов, на которых планируется отработка глубоких горизонтов подземным способом, характеризующихся весьма сложными гидрогеологическими и суровыми климатическими условиями. Основными осложняющими факторами подземной разработки указанных месторождений следует считать [5]:

-значительные глубины ведения горных работ (свыше 500-600 м);

-развитие мощных и высоконапорных водоносных горизонтов, характеризующихся фильтрационной неоднородностью;

-слоистое строение водоносных комплексов;

-наличие тектонических разломов, содержащих подземные воды и др.

В указанных условиях надежным способом обеспечения безопасности подземных горных работ на больших глубинах является разработанный для этих целей ФГУП ВИОГЕМ способ осушения месторождений системами восстающих скважин.

Этот способ и предусматривается проектами осушения подземных рудников «Мир», «Интернациональный» и «Удачный».

Горевское месторождение свинцово-цинковых руд сложено метаморфизованными известняками с прослоями мергелистых сланцев и сидеритовыми породами. Мощность рудовмещающей толщи превышает 1000 м. Рудные тела мощностью от 20 до 140-150 м вместе с вмещающими породами круто падают (до 85°) в юго-западном направлении.

Коренные породы интенсивно дислоцированы [1, 2, 3, 4]. Региональная закономерно убывающая с глубиной трещиноватость развита примерно до глубины 700 м [6].

Гидрогеологические условия месторождения сложные. Максимальной водопроницаемостью и водообильностью характеризуются зоны разрывных нарушений, коэффициенты фильтрации таких зон находятся в пределах от 3 до 160 м/сут при относительно небольшой проницаемости массива (0,4-1,9 м/сут). Подземные воды гидравлически связаны с р.Ангарой. Первое и второе рудные тела располагаются в непосредственной близости от реки, то есть у контура питания трещинных вод с высокой обеспеченностью. Третье рудное тело практически полностью находится под руслом Ангары.

Месторождение до отметки +25 м разрабатывается открытым способом под защитой водопонижающих скважин с общим притоком 500-700 м^3/ч и оттесняющей реку дамбы.

Более глубокая часть рудных тел отрабатывается подземным способом под защитой целика под дном карьера мощностью 100 м.

Сложность гидрогеологической обстановки и суровые климатические условия

постоянно ставят вопрос о необходимости совершенствования и повышения надежности применяемого способа защиты горных работ от обводнения.

Отработка крутозалегающих рудных тел, развитых до глубины 1000-1160 м, и тектоническая нарушенность обводненного массива предопределяют необходимость использования с погружением горных работ систем восстающих дренажных скважин и гидродинамически несовершенных противофильтрационных завес, а также разработанных для реализации указанных технологий современных специализированных технических средств.

Перспективу для широкого внедрения систем восстающих дренажных скважин следует связывать также с осушением глубоких горизонтов на рудниках Норильской группы полиметаллических месторождений, которые характеризуются слоистым строением вмещающих пород, значительными напорами подземных вод и наличием таликов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пономаренко Ю.В., Волков Ю.И., Кузькин В.С., Ливерко О.А.* Теоретическое обоснование и преимущества применения систем восстающих дренажных скважин на обводненных объектах. Материалы 7-го Международного симпозиума «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях», Белгород, ФГУП ВИОГЕМ, 2003.

2. *Виницкий К.Е., Трубецкой К.Н., Семенов Н.Н.* О способах разработки Горевского месторождения. Цв.металлургия. – 1963. - № 15. С. 13-16.

3. *Виницкий К.Е., Трубецкой К.Н.* Исследование основных вопросов открытой разработки месторождения в сложных природных условиях. Краткий научный отчет. – М.: ИГД им.А.А.Скочинского, 1964.- 46 с.

4. *Алборов З.Б., Гуриев В.В., Гамосов Б.И.* Некоторые вопросы отработки Горевского месторождения. Горн.ж. № 1, 1997.

5. *Виганд В.А.* Гидрогеологические проблемы отработки алмазных месторождений. Горн.ж. № 7, 2005.

6. *Гоголева Н.П., Пономаренко Ю.В.* Закономерности изменения фильтрационных свойств трещиноватых пород по глубине. ж. «Советская геология» №12, изд. «Недра», 1971.

Коротко об авторах

Трубецкой К.Н. – академик РАН, советник Президиума РАН, заведующий кафедрой РГГРУ, Москва,

Волков Ю.И. – кандидат технических наук, директор,
Изотов А.А. – кандидат технических наук, главный инженер,
Пономаренко Ю.В. – кандидат технических наук, научный консультант,

ФГУП ВИОГЕМ, г. Белгород.