

вала  $T$  связаны друг с другом линейно в соответствии с выражением  $L_2 = vT + L_0$ , где  $L_0$  – расстояние от забоя до постоянного отвала. На рис. 1 показана условная схема взаимного расположения временного и постоянного отвалов, откуда видно, что величина  $L_2$  теоретически может изменяться от 0 до  $L_0$ .

В этом диапазоне изменения оптимизируемой величины  $L_2$  средствами Mathcad построены графики функции  $T_{min} = f_1(L_2)$ , определяющей минимальную экономически целесообразную продолжительность существования временного отвала, и функции  $T_{max} = f_2(L_2)$ , определяющей максимальное технически возможное время его существования, а также показателя эффективности  $\mathcal{E}(L_2)$  (рис. 2). Использованы исходные данные и формулы расчета удельных затрат соответствии с [1].

Дополнительной исходной величиной при выполнении расчета является скорость при-

ближения фронта горных работ к временному отвалу  $V$  (в расчете принято  $v = 0,1$  км/год). По приведенной схеме может сложиться впечатление, что эта величина совпадает с понятием скорости подвигания фронта горных работ. В общем случае они не совпадают. Поэтому для скорости приближения фронта к временному отвалу предстоит еще дать более строгое определение.

Полученные зависимости позволяют сформулировать следующие выводы. При существовании технической возможности временного отвала, экономическая целесообразность этого технического решения будет иметь место в том случае, когда скорость приближения фронта горных работ к временному отвалу предопределяет пересечение графиков  $T_{min} = f_1(L_2)$  и  $T_{max} = f_2(L_2)$ .

В этом случае показатель экономической эффективности будет иметь экстремум относи-

тельно расстояния  $L_2$  между временным и постоянным отвалами.

В целом эффективность временных отвалов обусловлена не только прямым эффектом по сравнению с постоянными отвалами за пределами карьерного поля. За период существования временных отвалов могут быть сформированы емкости для создания постоянных внутренних отвалов, что приведет к сокращению платы за землю. Это, в свою очередь, уменьшает экологический ущерб от разработки месторождения.

Дальнейшие исследования эффективности временных отвалов должны быть связаны с привязкой общих теоретических рассуждений и их результатов к конкретным горнотехническим условиям карьеров и разработкой методики для обоснования места размещения внутренних отвалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоев А.А. Шачнев И.О. Условие эффективности временных отвалов // Вестн. КузГТУ. 2005. № 1(45). С.47-48.
2. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.: ил.

□ Авторы статьи:

Сысоев  
Андрей Александрович  
– докт. техн. наук, проф. каф. разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом

Шачнев  
Иван Олегович  
– студент ГФ

Щербин  
Павел Евгеньевич  
– студент ГФ

**УДК 661.183**

**Х.А. Исхаков, В.Н. Кочетков**

## ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕЙ

История данной проблемы своими корнями уходит в работы Д.И. Менделеева за период 1888 - 1890 гг. [1-4]. Почему именно идею выдвинул Д.И. Менделеев, а, например, не Н.Н. Зинин или А.М. Бутлеров? Дело в том, что Д.И. Менделеев, будучи теоретиком, живо интересовался проблемами промыш-

ленности: достаточно ознакомиться со второй частью (дополнения) его Основ химии [5], чтобы убедиться в этом.

Высказать идею - ещё не значит осуществить её. Позднее, в 1912 г., на одном из заседаний Британского королевского общества английский химик В.Рамзай высказался за органи-

зацию подземной газификации углей (ПГУ). Д.И.Менделеев с глубоким уважением относился к работам В.Рамзая, что видно из его оценки: «... Я считаю Рамзая утвердителем периодического закона, так как он открыл He, Ne, Ar, Kr и Xe, определил их атомные веса, и эти числа вполне подходят к требо-

ваниям периодической системы элементов» [5]. Остаётся невыясненным, знал ли В.Рамзай о работах Д.И. Менделеева или идея ПГУ была оригинальной его идеей. Надо полагать, что, будучи близко знакомым с Д.И. Менделеевым и его работами, он идею ПГУ заимствовал.

Как бы то ни было, но идея В.Рамзая глубоко захватила В. Ленина, жившего в то время за границей. В статье в газете «Правда» №9 от 4 мая 1913 г. «Одна из великих побед техники» В. Ленин отмечает, что «переворот в промышленности, вызванный этим открытием будет огромен». Однако, никакого открытия, тем более ожидаемого переворота не было, была лишь идея – роль сыграла политика и желание политиков сделать себе кумира, хотя об этом было ещё библейское предупреждение [6].

В 1920 г. к идеи ПГУ обратился горный инженер В. Белов, а в 1925 г. профессор Б. Бокий выступил с предложением практически организовать ПГУ [7]; предложение не было осуществлено. В 1930 г. группа политработников 78 кавалерийского полка Красной армии, ознакомившись со статьёй В. Ленина о ПГУ, обратилась с письмом к И. Сталину и в Комитет по химизации при СНХ СССР (к В. Куйбышеву) с просьбой выяснить судьбу предложений о ПГУ и просила приступить к организации исследований и экспериментов в этой области [7].

К тому же времени относится обращение в ЦК ВКП(б) группы учёных Московского горного института с предложением предпринять эксперименты по ПГУ. В 1931 г. ЦК ВКП(б) принял решение о проведении опытов по ПГУ, для чего в начале 1923 г. организуется Комиссия по ПГУ и в феврале того же года началось строительство опытной станции в Лисичанске (Донбасс). В 1933 г. нарком тяжёлой промышленности Г. Орджоникидзе издал

приказ о расширении работ по ПГУ и образовании специальной конторы «Подземгаз», на базе которой организуется трест «Подземгаз». С 1934 г. и до 1960 года издаётся бюллетень «Подземная газификация углей», действует проектно-исследовательский институт ВНИИ Подземгаз.

В октябре 1938 г. происходит в Наркомтяжпроме первое научно-техническое совещание по ПГУ, в работе которого принял участие Л. Каганович и ряд известных учёных, в том числе академики А. Скочинский, Л. Терпигорев, профессора Н. Чижевский, А. Чернышев, Л. Рамзин. Итоги совещания подвёл нарком Л. Каганович, подчеркнувший, что «первый опыт ПГУ представляет из себя огромный прогресс по сравнению с нынешней системой добычи угля». Особое внимание нарком уделил подземной газификации в Подмосковье, «поскольку можно будет газ подавать в Москву».

Вот такие надежды были на ПГУ и эти надежды держались в последующие 50 и более лет.

Каковы же были результаты ПГУ? Рассмотрим лишь по опытным данным двух станций – Лисичанской в Донбассе и Ленинской в Кузбассе. В Лисичанске опыты проводились на крутопадающем маломощном пласте Бобровский (0,7 м, уголь длиннопламенный с выходом летучих веществ  $V^{\text{daf}}=36,4\%$ ). По мере продвижения очистного забоя уголь разрыхлялся, для чего в пласт были заложены взрывпатроны. Опыты проведены с февраля по октябрь 1934 г. Состав газа был непостоянен, о теплотворной способности газа не сообщается. Подчёркивается, что не удалось процессом управлять. Следующие опыты были проведены в целике угля на кислородном дутье, теплотворная способность газа доходила до 2270 ккал/м<sup>3</sup>, при газификации угольного целика на воздушно-паровом дутье теплотворная способность газа колеб-

балась в пределах 2000-2500 ккал/м<sup>3</sup>.

В 1948 г. Лисичанская станция ПГУ введена в эксплуатацию как производственная единица для производства газа в количестве 200 млн. м<sup>3</sup> в год. В [9] сообщается, что за время с 1948 по 1950 годы станция в среднем выдавала ежегодно около 93 млн. м<sup>3</sup> газа с теплотой сгорания 800-1000 ккал/м<sup>3</sup>, т.е. газ относится к группе бедных газов.

Ленинский участок в Кузбассе. Опыты проводились с июня по сентябрь 1934 г. на пласте Журинский (угол падения - 2°, мощность около 5 м). Состав газа был довольно пёстрым, что сказалось на большой разнице теплоты сгорания – от 2000 ккал/м<sup>3</sup> до 5000 ккал/м<sup>3</sup>. Отмечается, что определения теплоты сгорания газа были неточными.

В начале июля, после того как в панели выгорело около 200 т угля, штрек под давлением вышележащих пород обрушился, но не настолько, чтобы прекратилось просасывание газа. В завале шло коксование угля, что отразилось на составе газа – повышенное содержание метана и водорода. Газификация была прекращена ввиду образования прогаров и завалов.

В конце апреля 1935 г. на Журинском пласте была подготовлена вторая панель и начались эксперименты. При уставновившемся процессе газификации (июнь месяц) теплота сгорания газа составила около 1000 ккал/м<sup>3</sup>.

В связи с напряжённой международной обстановкой, а в дальнейшем началом Второй Мировой войны эксперименты по ПГУ были прекращены. Однако первоначальный опыт после окончания Великой Отечественной войны был использован для строительства ряда новых станций ПГУ в Донбассе, Подмосковье, Кузбассе и на Ангренском бурургольном месторождении в Узбекистане.

Работа станций, технология

газификации и технико-экономическая оценка подробно изложены в [9], поэтому нет необходимости для повторения. Отметим, что автор данной обширной работы из всех факторов, влияющих на ПГУ, особо отмечает обрушение кровли, которое может приводить к замедлению газификации и даже к полной остановке. Обращается внимание на сдвижение земной поверхности в районе газификации, а также на роль подземных вод: «...приходится считаться с высокой температурой воды и её загрязнённостью продуктами термического разложения угля, в основном фенолами, аммиаком и сероводородом».

Автором охвачены работы до 1958 г. о. Прошедшие почти полвека были не только эрой нефти и природного газа, но и эрой экологии. Из-за нерентабельности станции ПГУ прекратили своё существование, исключая Ангренскую, «успехи» которой весьма посредственны. Однако поборники ПГУ активно выступают за возобновление деятельности станций.

В обширной статье [10] основной упор сделан на описание состава химических соединений, получающихся при ПГУ на Южно-Абинской станции (закрыта в 1996 г.) и имеющие отношение к получаемому на станции низкокалорийному газу. Авторы к ПГУ привязали всё, что могли – обработку углей давлением, действием ультразвука, обработку органическими растворителями, поверхностно-активными веществами, щелочами, действием жёсткого излучения и электронагрева с единственной целью – доказать положительные стороны ПГУ. Перечислены работы по ПГУ, проводимые в США, Германии, Бельгии, Венгрии, Чехословакии, Швеции – работы, которые не вышли за рамки экспериментов.

Создаётся впечатление, что авторы всеми силами старались желаемое выдать за действительное, быстровозможное и

вполне рентабельное. Экономические проблемы не затронуты.

Работа учёных Дальневосточного университета [11] посвящена экологическим проблемам ПГУ. Не внося ничего нового в технологию ПГУ, авторы считают возможным экологические проблемы решать с помощью штрафов, рассчитанных по предлагаемым ими оригинально-примитивным математическим формулам!?

Наконец, остановимся на работах Е.В. Крейнина, опубликованных в журнале «Химия твердого топлива» [12, 13]. Автор предлагает новую технологию ПГУ, имея в виду недостатки традиционной технологии, а именно:

- нестабильность и неустойчивость процесса;
- большая инерционность;
- низкая теплота сгорания газа;
- низкий КПД газификации (50-60%);
- существенные потери угля в недрах (15-20%);
- недостаточная экологическая обеспеченность технологии.

Указывается, что пути движения дутья неуправляемы, а утечки газа доходят до 27%. Существенный момент: утечки подсчитаны до десятых процента, т.е. ошибка измерения составляет 0,05%. И это при том, что процесс «нестабильный и неустойчивый». Возможно у специалистов Южно-Абинской станции была своя особая методика подсчётов.

Основным элементом новой технологии автор считает «контролируемый перенос точки подачи дутья», что обеспечит равномерное выгазовывание угольного пласта, плавное сдвижение горного массива и оседание поверхности [12]. Далее указывается, что «благодаря новой технологии удаётся удовлетворить самые строгие требования экологических органов», т.к. создана математическая модель, позволяющая учесть около 1300 различных факто-

ров! В следующей статье [13] вновь делается упор на разработанную математическую модель, правда, что она из себя представляет остаётся вне пределов досягаемости. Из 1300 параметров модели одним из главных автор считает удельный водоприток в зону газификации. Он принят равным 0,6 м<sup>3</sup> на тонну газифицируемого угля и считается постоянным, с чем согласится невозможно.

Отметим некоторые выводы автора:

1) ... метод ПГУ претендует на роль одного из основных способов экологической энергетики;

2) ... промышленная реализация ПГУ возможна только при условии создания достаточно эффективной системы управления технологическим процессом;

3) ... разработанная расчётная математическая модель является необходимым средством для диагностики отдельных закономерностей ПГУ.

Ни с одним из этих выводов невозможно согласиться, включая и постоянство водопритока. Поборники ПГУ считают толщу осадочных пород по всем показателям твердокаменно застывшими объектами – в принципе это не так. Литосфера, в которую входят и осадочные образования, находится в состоянии постоянной изменчивости и особенно за последние 5 лет техногенной деятельности человечества. При ПГУ управление горным давлением и подземными водопритоками практически невозможно. Также в принципе невозможно изменить физические и химические свойства горных пород в массиве, подвергаемом газификации. Экологическая чистота ПГУ при всех математических моделях не только сомнительна, но и невозможна. При условиях ПГУ невозможно создание эффективной системы управления. В любом химическом процессе управление осуществляется при данных катализаторах измене-

нием давления и температуры строго ограниченного объемом объекта, что практически невозможно выполнить при ПГУ. Отсюда постоянные сбои в режиме, обрушения, спекания угольной массы, водоприток, а также не только утечки газа, но и его прорывы.

В [14] указывается на возобновление интереса к ПГУ в связи с его перспективностью. Необходимо говорить не о перспективности, а о заманчивости – это действительно так. Однако постоянные ссылки на Менделеева Д.И., на крупных политических фигур советского времени, а также на пробные эксперименты Запада не являются основанием прочности фунда-

мента, на котором стоит ПГУ: ошибаются все. Известно, что Менделеев Д.И. не признавал теорию электролитической диссоциации, отвергал прибрежный Северный морской путь [18], однако противоположные мнения и практика пошли другим путём, не согласившись с корифеем науки.

Кстати в [14] предлагается оригинальный метод организации теплоэнергетики без выемки угля, а непосредственно разжигая угольный блок и выдавая на поверхностный комплекс пар. Здесь автор пренебрегает не только экологией, но и безопасностью для окружающей среды – известны выгорания угольных пластов в древности,

пласты горят и сейчас на открытых разработках, однако теплоэнергетика – это весьма сложный аппаратурный объект, исключающий всякий примитивный подход. Что же касается предложения автора вышеупомянутой статьи, так это не что иное как вариант ПГУ, но только в более опасном виде.

По нашему мнению, в настоящее время стоит усилить работы по наземной газификации углей [15], а также возобновить работы по электролизу воды с целью получения электролитического водорода [16, 17]. Эти проблемы неотложны в связи с недалёкой перспективой истощения запасов нефти и природного газа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менделеев Д.И. Будущая сила, покоящаяся на берегах Дона // Северный вестник. – СПБ, 1888, №5.- С.25-28.
2. Менделеев Д.И. Учение о промышленности. – СПБ, 1900. – С. 81.
3. Менделеев Д.И. Основы фабрично-заводской промышленности. – СПБ, 1897. – С.140.
4. Менделеев Д.И. Пожары угольных пластов/ Уральская железная промышленность. – СПБ, 1900. – С.401.
5. Менделеев Д.И. Основы химии. 8-е издание. – С. – Петербург: Типо-литография М.П.Фроловой, 1906. – 814 с.
6. Исход: 20-4.
7. Химическая переработка топлив СССР: Сб. статей/ Ред. М.Н.Буров. – М.:ОНТИ, 1936. – 367 с.
8. Глушков А.И., Козырев Б.И. Охрана окружающей среды при подземной газификации угля. – Новосибирск: ГНТБ СО РАН, 1993. – 128 с.
9. Скафа П.В. Подземная газификация углей. – М.: Госгортехиздат, 1960. – 322 с.
10. Самойленко Г.В. и др. Проблемы подземной газификации угля/ Термодеструкция угля. Сб-к научн. трудов. – Киев: Наукова думка, 1993. – С. 44–67.
11. Глушков А.И., Козырев Б.И. Охрана окружающей среды при подземной газификации угля. Аналитический обзор. ГПНТБ СО РАН, Дальневосточный гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 1993. – 129 с.
12. Крейнин Е.В. Новая технология подземной газификации угольных пластов // ХТТ. – 1995. - №6. – С. 58-65.
13. Крейнин Е.В. Экологические и химико-технологические особенности подземной газификации углей // ХТТ. – 1996. - №1. – С.52-58.
14. Прокопенко С.А. Угольным регионам – прорывную энергетику / Сб-к трудов. Сибресурс 2004. – Материалы X Международной научн.-практич. конф. – Кемерово: Изд-во ГУ КузГТУ, 2004. – С.336-339.
15. Альков Н.Г., Наумов В.Н. Газификация твердых топлив как эффективное решение проблем автономного энергосбережения // ТЭК ресурсы Кузбасса. – 2001. - №4. – С. 92-100.
16. Петров Д. Роль газификации в народном хозяйстве Сибири и в плане электрификации СССР / Проблемы Урало-Кузнецкого комбината. – Труды научной сессии АН СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1933. – С.150-163
17. Бендерский В.А., Овчинников А.А. Механизм реакций электрохимического выделения водорода / В сб. Физическая химия. Современные проблемы. – М.: Химия, 1980. – С.202-246.
18. Витте С.Ю. Избранные воспоминания, 1849-1911 гг. – М.:Мысль. – 1991. – 719 с.

□ Авторы статьи:

Исхаков

Хамза Ахметович

- докт.техн. наук, проф. каф. химии и технологии неорганических веществ

Кочетков

Валерий Николаевич

-канд .техн. наук, ст.науч.сотр. Кемеровского научного центра СО РАН