© А.Е. Воробьев, А.В. Мозолькова, 2007

УДК 553

А.Е. Воробьев, А.В. Мозолькова

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАУСТОБИОЛИТОВ

Семинар № 10

Нефть, газ и уголь играют в жизни современного общества огромное значение – не одна отрасль промышленности не может работать без обеспечения энергией, а большая часть энергии в настоящее время вырабатывается при сжигании этих полезных ископаемых. Добыча энергоносителей является основным доходом в бюджете некоторых стран, при чем нефть и газ влияют не только на мировую экономику, но и на международные отношения в целом.

С использованием ископаемых топлив связаны следующие экологические проблемы:

– загрязнение атмосферы выделяющимися при сжигании газами, среди которых есть и парниковые и токсичные;

– загрязнение и нарушение окружающей среды при строительстве и работе горных предприятий; обогащении, переработке и транспорте ископаемого топлива;

– загрязнение и нарушение окружающей среды, связанное с размещением отходов ТЭЦ, нефтеперегонных и углеперерабатывающих производств.

Но, несмотря на все перечисленные недостатки, природные нефть, газ и уголь в настоящее время являются самым распространенным, а для многих стран и единственным источником энергии и сохранят свое значение в дальнейшем.

Актуальность поиска новых энергоносителей определяется не только тем, что сжигание газа, угля и продуктов переработки нефти негативно влияет на окружающую среду, но и тем, что природные запасы энергоносителей являются исчерпаемыми. По различным оценкам мировых запасов нефти хватит на несколько десятков лет, газа – на несколько сот. Наибольшая обеспеченность запасами в мире наблюдается по углю. Кроме того, месторождения природных минеральных топлив зачастую находятся далеко от регионов с большой плотностью населения и большой концентрацией промышленного производства (то есть нуждающихся в больших количествах энергии). Следовательно, стоимость транспортирования полезного ископаемого значительно увеличивает его цену (на стоимость угля транспортные расходы влияют настолько сильно, что делают нерентабельным его использование в некоторых районах, а в Германии и Дании уже более 30 лет в качестве топлива для сельскохозяйственной техники применяют растительное масло, потому что в сельских районах этих стран стоимость подсолнечного и рапсового масла в местах их производства ниже, чем у солярки).

Решением проблем, связанных с ископаемыми топливами является открытие или создание такого источника энергии, который бы удовлетворял следующим требованиям:

Таблица 1

Способы получения энергии без использования ископаемого топлива

Источник энергии	Способ использования	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Солнце	Солнечные батареи	Экологически чистый.	Требуют высоких капитальных затрат. Для создания солнечных батарей требуются редкие и дорогие элементы, которые сами по себе являются загрязнителями окружающей среды. Количество вырабатываемой солнечными батареями энергии зависит от инсоляции, что затрудняет их использование в качестве основного источника энергии.
Энергия движе-ния воды	Крупные гидроэлектростанции	Не загрязняют атмосферу. При работе крупной ГЭС выделяется большое количество энергии. Энергия вырабатывается круглый год.	Строительство платины и водохранилища причиняет значительный ущерб всей экосистеме реки. Высокие капитальные затраты на строительство. Невозможно использовать в районах, где нет рек с достаточно большим дебитом.
	Малые гидроэлектростанции	Не загрязняют атмосферу. Минимальный экологический ущерб по сравнению с крупными ГЭС. В отличие от крупных ГЭС можно использовать на малых реках.	Отсутствие простых, надежных и долговечных агрегатов для производства энергии.
	Приливные электростанции	Не загрязняют атмосферу.	Заболачивание территорий побережья при строительстве плотин. Могут использоваться только на морском побережье. Требуют высоких капитальных затрат. Периодичность действия (приливные ТЭЦ вырабатывают энергию только при приливе и отливе).
	Волновые электростанции	Экологически чистые. Работают непрерывно.	Могут использоваться только на морском побережье.
Тепло земных недр	Геотермальные электростанции	Непрерывная работа. Экологически-чистые.	Можно использовать только в районах с высоким геотермическим градиентом. Относительно большие капитальные затраты на строительство.
	Тепловые насосы	Можно использовать повсеместно. Непрерывная работа. Экологически-чистые.	Высокие капитальные затраты. Для работы тепловому насосу требуется эл. энергия.

1	2	3	4
		Возможность независимого обеспечения теплом небольших объектов (например, жилых домов).	
Производство топлива из биомасссы	Производство прессованных топливных гранул из отходов деревообрабатывающей и сельскохозяйственной промышленности	Возможность утилизации отходов. При производстве, регулируя технологию и рецептуру, можно получать топливные брикеты различного качества.	При сжигании топливных брикетов в атмосферу выделяются парниковые, а иногда и токсичные газы.
	Получение биогаза	При этом способе из органических отходов получается высококалорийное и технологичное топливо.	Промышленные метантенки требуют постоянного подогрева. Требуется оборудование сложное в эксплуатации. При сжигании биогаза в атмосферу выделяются парниковые газы.
	Производство из растительной биомассы спирта и жидкостей, по свойствам близких к дизельному топливу	Возможность утилизации некоторых видов отходов.	В большинстве случаев топливо получается достаточно дорогим.
Ядерные реакции	Распад радиоактивных изотопов урана в реакторах АЭС	Являются мощным источником энергии. При работе реактора не загрязняется атмосфера	При работе АЭС образуется большое количество радиоактивных отходов, технологий переработки которых в данный момент не существует. Крупная авария на реакторе приведет к техногенной катастрофе огромного масштаба. Уран, как и ископаемые топлива является исчерпаемым природным ресурсом
	Термоядерный синтез	Экологически чистый способ получения энергии	Технология термоядерного синтеза для получения энергии еще не разработана

– не загрязнял бы окружающую среду;

– имел бы низкую стоимость;

– был бы повсеместно распространенным.

В настоящее время все шире используются источники энергии, альтернативные ископаемым топливам, но и среди них нет такого, который бы полно-

Таблица 2

Зависимость степени метаморфизма угля от условий углефикации

Глубина залегания, км	Температура недр, °С	Давление вышележащих пород, МПа	Стадия метаморфизма
0 – 1	0 – 30	0,026	Торф, бурый уголь
1 – 1,5	30 – 50	26,5 – 39,2	Бурый
1,5 – 2,5	50 – 75	39,2 – 66,2	Д
2,5 – 3,5	75 – 105	66,2 – 92,6	Г
3,5 – 4,5	105 –135	92,6 – 119,1	Ж
4,5 – 5,5	135 –165	119,1 – 145,5	К
5,5 –6,0	165 – 180	145,5 – 156,8	ОС
6,0 – 8,0	180 – 240	156,8 – 211,7	Т
8 – 11	240 – 330	211,7 – 291,1	Антрацит

стью соответствовал вышеуказанным требованиям (табл. 1).

Следовательно, в настоящий момент не существует источника энергии, который мог бы полностью заменить ископаемое топливо.

Уголь, нефть и газ помимо энергетической промышленности используются и в других отраслях. Например, продукты нефтеперегонки являются основным сырьем для производства различных пластмасс, смазочных материалов и др., коксующийся уголь – в металлургии как восстановитель, для производства сорбентов и др. А значит, вопрос воспроизводства сырьевой базы нефти, угля и газа останется актуальным даже при появлении нового источника энергии. Созданию эффективных технологий техногенного воспроизводства минеральных ресурсов, в том числе и каустобиолитов, посвящен ряд работ А.Е. Воробьева.

Так как техногенные процессы формирования месторождений каустобиолитов должны повторять природные процессы рассмотрим процессы природного формирования месторождений угля, нефти и газа.

Наиболее устоявшейся является точка зрения на природный процесс образования угля. Предполагается, что уголь образовался и продолжает образовываться из остатков ранее произраставшей растительности, остатки которой накапливались в условиях недостатка кислорода (в болотах или на дне водоемов). Из образовавшегося органического осадка формировался торф. Затем торфяная залежь перекрывалась более поздними осадками или погружалась вследствие геодинамических процессов и, под действием температуры недр, проходили процессы углефикации, при которых в угле повышается содержание углерода, и снижаются влажность и содержание органического азота и фосфора. При чем, степень углефикации органического материала зависит в большей степени от температуры процесса, чем от его продолжительности, давление же наоборот может замедлять процесс углефикации (табл. 2).

Теорий происхождения нефти существует две – органическая и неорганическая. Сторонники органической (биогенной) теории считают нефть и природный газ продуктами разложения органических остатков в недрах. При этом жидкие и газообразные углеводороды по порам трещина и разломам горных пород мигрируют до тех пор, пока не их перемещение не будет блокировано не-

проницаемой горной породой. Неорганическая теория предполагает образование нефти и газа из неорганического углерода, содержащегося в литосфере и мантии при его взаимодействии с водой. В любом случае обе эти теории (и органическая, и неорганическая) допускают принципиальную возможность техногенного воспроизводства нефти и углеводородного газа в литосфере, основанную на предварительной закачке через пробуренные с поверхности и обсаженные скважины в пористые участки земной коры, ограниченные водоупором, жидких углеродосодержащих стоков человеческой цивилизации и их последующей переработке под действием тепла земных недр в природных реакторах литосферы до необходимого состояния.

Другим примером техногенного воспроизводства горючего газа может быть преобразование органических отходов анаэробными бактериями.

Аналогичным способом очищаются жидкие стоки с высоким содержанием органики на поверхности, «побочным» продуктом этого метода очистки является биогаз, содержание метана в котором достигает 90 %. Анаэробные бактерий, используемые при этом методе, являются термофильными (оптимальная температура для них около 70°С) и для обеспечения работы метантенков на поверхности производится их постоянный подогрев, на осуществление которого, в основном, и расходуется получаемый биогаз. Между тем, если перенести этот процесс в погашенные выработки прекратившей свою работу шахты (в глубоких шахтах температура пород достигает 70°С) то для осуществления процесса дополнительного подвода тепла не потребуется. Образующийся газ можно будет отводить через существующие выработки, имеющие выход на дневную поверхность. Образующийся при метановом брожении осадок может, с одной стороны, стать сырьем для дальнейшего преобразования в твердые и жидкие каустобиолиты под действием температуры недр и горного давления, а с другой – послужить в качестве закладки выработанного пространства для предотвращения просадок и провалов земной поверхности.

Особенностью российской угольной базы является то, что, большая часть угольных запасов представлена бурыми углями, каменными углями низкого качества и углями с высокой зольностью и содержанием серы, эти факторы, в сочетании со сложными геологическими условиями, делают разработку таких месторождений нерентабельной.

Примером техногенного повышения качества углей могут процессы получения кокса, полукокса и древесного угля. При этих процессах нагревая уголь, древесину или другие углеродосодержащие материалы до высокой температуры (до 1200 °С) доводят содержание углерода в них до 99% (что превышает содержание углерода в антрацитах). В целом процесс пиролиза протекает следующим образом:

– 120 °С – от угля отделяются адсорбированные им компоненты (влага, CO_2, CH_4, компоненты воздуха);

– 250–325 °С – процессы разложения угля усиливаются, идет интенсивное выделение H_2O и CO_2, уменьшается содержание кислорода в угле;

– 350 °С – начинается глубокое разложение макромолекул угля с образованием и рекомбинацией короткоживущих радикалов. Процесс развивается в трех направлениях: образование твердого продукта с повышенным содержанием углерода и низким водорода, жидких

и газообразных продуктов, обогащенных водородом;

– 550 °С – завершается процесс выделения жидких продуктов (смолы). Остается твердый остаток (полукокс). При последующем нагревании протекают процессы уплотнения твердого остатка, формирования в нем микрокристаллических графитоподобных структур и выделения газообразных продуктов, содержащих водород и некоторые количества азота (H_2, CH_4, NH_3, N_2).

Если перенеси процесс пиролиза в недра, можно тем самым повышать качество имеющихся месторождений низкокачественного угля и торфа.

Для снижения зольности углей можно производить их обработку в недрах растворами серной или соляной кислоты, которые растворяют большинство содержащихся в угле сульфидов. При том, что наибольшее количество содержащихся в угле минералов – силикаты, именно сульфиды во многом определяют токсичность выбрасываемых в атмосферу при сжигании угля газов и их агрессивное воздействие на металлическое оборудование.

Таким образом, в данный момент разработаны принципиальные технологии техногенного воспроизводства каустобиолитов в литосфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воробьев А.Е.* Ресурсовоспроизводящие технологии горных отраслей. Учебное пособие. М.: МГГУ. 2001 – 150 с.
2. *Воробьев А.Е., Балыхин Г.А., Гладуш А.Д.* Основы техногенного воспроизводства нефти, горючего газа и угля в литосфере. – М., изд. РУДН, 2006. – 334 с.
3. *Воробьев А.Е., Балыхин Г.А., Гладуш А.Д.* Техногенное воспроизводство углеводородного сырья в литосфере: факторы, механизмы и перспективы. М., «Учеба», 2003, - 417 с.
4. *Воробьев А.Е., Мозолькова А.В.* Технологии техногенного воспроизводства угля. Горный вестник. 2005. №7 с. 34-38.
5. *Юдович М.Я., Кертис М.П.* Неорганическое вещество углей. Екатеринбург УрО РАН, 2002. – 404 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Воробьев А.Е., Мозолькова А.В. – Российский университет дружбы народов.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 10 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.А. Ельчанинов.*