

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ТАТАРСТАНЕ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Приведена экологическая характеристика подземной газификации визейских углей. Показаны современные преимущества и технологические недостатки альтернативного способа получения газа из углей по сравнению с добычей традиционных углеводородов.

Ключевые слова: уголь, подземная газификация, экология, скважина, каменноугольные отложения.

В ближайшие десятилетия ожидается значительное увеличение потребления электроэнергии в мире, связанное с развитием экономики, повышением жизненного уровня и ростом населения. Наиболее востребованным для производства электроэнергии видом топлива является природный газ, что обусловлено его относительно высокой калорийностью и экологичностью по сравнению с другими видами топлива. Среди традиционных сегодня природных источников получения энергии (нефть, газ, уголь) самым перспективным, надежным и экономичным энергоносителем рассматривается также уголь, что обусловлено его огромными запасами. Можно предположить,

что добыча традиционных горючих полезных ископаемых будет дополняться разработкой нетрадиционных источников сырья (высоковязкие нефти, битумы, угольный метан, сланцевый газ, газогидраты и др.), которые имеют колоссальные ресурсы в верхней части литосферы нашей планеты (Варшавская и др., 2012; Муслимов, 2009). Главным препятствием для их освоения является то, что технология добычи и переработки нетрадиционных углеводородов требуют намного больше энергии, чем получение традиционных видов сырья. Так, при извлечении нефти и газа потребляемое количество энергии эквивалентно 6 % энергии, содержащейся в добытых углеводородах, а при добы-

Окончание статьи Р.Р. Хасанова, И.А. Ларочкиной, Ш.З. Гафурова «Перспективы угленосности Волго-Уральского региона»

зейские угли соответствуют углям Подмосковского и Кизеловского бассейнов – каменные марки Д. Их разработка традиционными способами нерентабельна в силу значительной глубины залегания и сложных горногеологических условий. Одним из возможных путей освоения визейских угольных ресурсов в ближайшей перспективе может быть метод подземной газификации (Хасанов и др., 2001). Некоторые визейские залежи могут иметь металлогеническую специализацию на германий и редкоземельные элементы цериевой группы. Месторождения бурого угля имеют местное значение и могут использоваться в качестве сельскохозяйственных удобрений. В тонких пропластках углей пермского возраста отмечаются локально-высокие значения серебра и германия.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №12-05-97028.

Литература

Блудоров А.П. История палеозойского угленакопления на юго-востоке Русской платформы. М.: Наука. 1964. 275.

Блудоров А.П. Угли среднего и верхнего палеозоя Волго-Уральской области. *Тр. Казан. фил.* Вып. 7 (Атлас). М.: Наука. 1964. 64.

Гафуров Ш.З., Хасанов Р.Р. Угольный тип. Методическое руководство по поискам, оценке и разведке месторождений твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан. Ч.1. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 1999. 209-223.

Хасанов Р.Р., Кизильштейн Л.Я., Ларочкина И.А. и др. Петрографические типы визейских углей Камского бассейна. Атлас. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 2001. 132.

Хасанов Р.Р., Гафуров Ш.З., Исламов А.Ф. Редкоземельные элементы в визейских угольных пластах Волго-Уральского региона. *Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Ест. наук.* 2010. Т.152. Кн.4. 116-122.

Кизильштейн Л.Я. Генезис серы в углях. Изд-во Рост. Ун-та. 1975. 200.

R.R. Khassanov, I.A. Larochkina, Sh.Z. Gafurov. **The Volga-Ural Region (Russia) Coal Potential.**

In the Volga-Ural Region large coal accumulation are discovered. The total resources and reserves of it are approximately 3.5 billion tons. Coal formation had proceeded in four stages: the Devonian, Carboniferous, Permian, and Neogene. The Devonian and Carboniferous coals are of high quality. Carboniferous coals have extensive resources but occur at 900-1400 m depth. Some of them contain elevated concentrations of rare elements including rare earth elements. Permian and Neogene coals are referred to bevey coals. Permian coals contain high concentrations of some rare elements. Their geochemical specialization is determined by Ge-Cu-Ag association. Neogene coals are of low quality and do not contain high concentration of microelements. Only Viscean callows can present an economic value.

Key words: coal, coal formation, rare elements, deposits, reserves.

Ринат Радикович Хасанов

Д.геол.-мин.н., зав. каф. региональной геологии и полезных ископаемых Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета. Научные интересы: геология и геохимия углей.

420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5.

Тел.: (843) 292-52-60.

Шавкат Закирович Гафуров

К.геол.-мин.наук, заместитель начальника ТГРУ ОАО «Татнефть». Научные интересы: геология углей.

420111, Казань, ул. Чернышевского, 23/25.

Тел.: (843) 292-50-81.

че нетрадиционной нефти (высоковязких нефтей) данный показатель достигает 20-25 % (Муслимов, 2009). Отсюда, получение энергии для добычи высоковязких нефтей связано с использованием значительно большего количества природного газа, а доступность последнего становится ограничивающим фактором для разработки залежей нетрадиционной нефти.

В силу особенностей геологического строения восточная часть Восточно-Европейской платформы (Республика Татарстан) представляет собой пример совмещения в пространстве основных горючих полезных ископаемых (Рис. 1), что позволяет рассмотреть вопрос перспективности их освоения нетрадиционными способами. Необходимо отметить, что это один из наиболее изученных с геологических позиций и развитых в экономическом отношении регионов Российской Федерации, где на протяжении более 60 лет производится добыча нефти и газа из верхнепалеозойских отложений. Татарстан располагает значительными ресурсами традиционных энергоносителей (нефть, битумы, газ, уголь), сосредоточенных на ограниченных участках земной коры, что благоприятствует их комплексному освоению. В связи с этим интерес представляют залежи ископаемого угля, ресурсы и запасы которого составляют около 3,5 млрд. т, что вполне сопоставимо с объемами нефти и битумов. Угольные пласты тесно ассоциируют с высоковязкими нефтями Волго-Уральской нефтеносной провинции (Рис. 1) и представляют собой резерв (Гафуров, Хасанов, 2002), требующий повышенного внимания уже сейчас.

Угленосные отложения визе (Камский угольный бассейн) приурочены к понижениям (палеоврезам) в турнейской карбонатной толще, имеющим, по данным разных авторов, русловое, эрозионно-карстовое и карстовое происхождение (Ларочкина, 2008; Мухаметшин, 2006). Мощность угольных пластов варьирует от 2 до 30-40 метров. По своему качеству и химико-технологическим свойствам визейские угли на территории Татарстана близки к подмосковным и кизеловским: каменные угли марки Д, среднезольные (15-26 %) и среднесернистые (3,1-4,2 %), с высоким выходом летучих веществ (41-48 %) и теплотой сгорания 29,9-31,4 МДж/кг. Из-за глубокого залегания уголь-

Рис. 1. Схема размещения горючих полезных ископаемых на территории Республики Татарстан.



ных пластов (880-1440 м) потенциал Камского угольного бассейна в настоящее время экономикой не востребован. Однако данные о визейских углях свидетельствуют, что угли по качеству и условиям залегания пригодны для освоения технологиями подземной газификации углей (ПГУ) (Гафуров, Хасанов, 2002). Попытки внедрить данный метод в практику предпринимались еще в 1956 г. Сегодня в связи с острым дефицитом энергетического газа в Татарстане метод ПГУ заслуживает внимания (Рис. 2), тем более что по предварительной оценке из угля может быть получено около 2 трлн. м³ товарного газа (Хисамов и др., 2009).

При рассмотрении вопросов нетрадиционного освоения ресурсов углеводородного сырья на первый план выходят вопросы экологической безопасности. Например, в резолюции Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) отмечается, что «большинство видов топлива, используемого сегодня, загрязняет атмосферу и не соответствует принципу «устойчивого развития». Необходимо повысить эффективность использования видов энергии и их экологическую приемлемость путем перехода к чистым технологиям на базе новых и возобновляемых источников энергии...».

При добыче угля и продуктов его переработки используются 4 основных технологических направления: подземное механическое, подземное гидравлическое, открытая добыча и подземная газификация. Вместе с тем, использование угля напрямую связано с обновлением технологической базы экономики и определенными экологическими проблемами. Необходимо использование экологически чистых технологий добычи, обогащения и переработки углей с возможностью получения из углей разнообразных продуктов (производных газов) без загрязнения окружающей среды. К наиболее освоенным экологически чистым технологиям извлечения газов из углей относится ПГУ (Гафуров, Хасанов, 2002; Крейнин, 2004; Крейнин и др., 1982; Хрусталева, Медведева, 2006), которая может помочь решению многих проблем при получении энергии из твердого топлива. ПГУ есть способ разработки угольных месторождений превращением полезного ископаемого в газ непосредственно в недрах. По сравнению с традиционными способами добычи и использования угля ПГУ имеет преимущества и недостатки (Таблица).

Современная скважинная технология ПГУ (Крейнин, 2004; Хрусталева, Медведева, 2006) включает следующие стадии: 1) бурение нагнетательных и газоотводных скважин; 2) установление гидравлической связи между скважинами по угольному пласту для газификации; 3) розжиг угольного пласта и ведение газификации угольного массива с помощью нагнетания рабочих агентов (пар, воздух, кислород и др.). Технология ПГУ относится к числу самых экологичных технологий добычи твердых горючих ископаемых, позволяющая вовлечь в освоение месторождения твердых горючих ископаемых, признанных непромышленными по причине небольших запасов, сложных горно-геологических и гидрогеологических условий, большой глубины

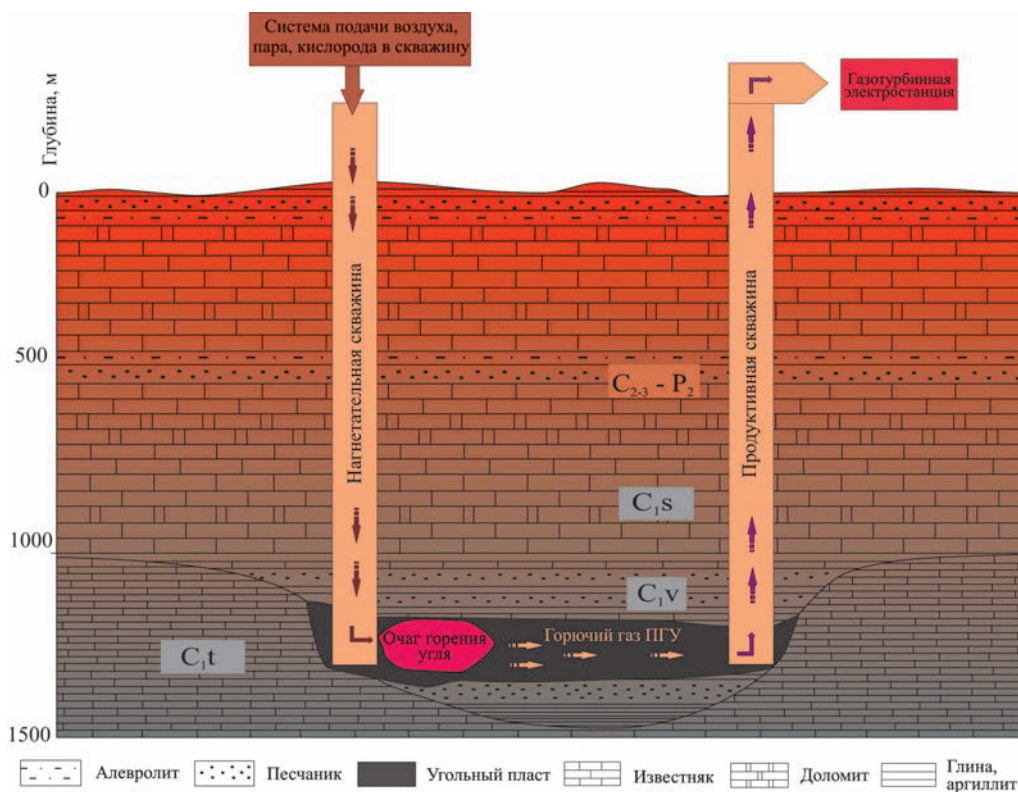


Рис. 2. Принципиальная схема подземной газификации визейских углей.

залегания рабочих пластов, оставленных запасов под застроенными площадями или неразрабатываемые залежи по экологическим причинам.

За последние 60 лет ПГУ на глубинах до 400 м из ряда технологий с высоким техническим и коммерческим риском перешла в России и Узбекистане в традиционные промышленные технологии (Крейнин, 2004). В странах Западной Европы экспериментальные работы ПГУ на глубинах более 800 м показали (Глушков, Кондырев, 1993), что процессы газификации могут быть эффективными из-за активизации реакции метанообразования в условиях повышенного горного давления. Горючие породы становятся пластичными, и трещины в них уплотняются, а при повышенном гидродинамическом режиме уменьшаются утечки газа и рассеивание ингредиентов переработки угля, что предотвращает загрязнение подземных вод. Наиболее рациональным для газификации визейских углей представляется применение технологии с использованием

парокислородного дутья под высоким давлением с последующей очисткой газа от CO₂ (Гафуров, Хасанов, 2002). При этом возможно бурение скважин малыми диаметрами с получением низко- и среднекалорийного газа с теплотой сгорания до 9 МДж/м³. Управление процессом газификации можно осуществлять путем регулирования подачи дутья, отвода газа и способом размещения скважин на площади газогенератора.

Однако следует отметить, что потенциальные возможности совершенствования технологий ПГУ далеко не исчерпаны и могут постоянно адаптироваться под определенные объекты. Как считают специалисты (Скотт, 2007), определяющая роль в решении насущных вопросов энергетической поли-

тики (растущий спрос, увеличение объемов поставок или улучшение состояния окружающей среды) будет принадлежать инновационным технологиям. При этом технологии не только расширяют возможности добычи, но и уве-

Плюсы	Минусы
Приближенность к источнику энергопотребления и использование на мини- и микроТЭЦ (децентрализация энергетики). Совмещение добычи и переработки угля с получением конечного продукта (горючего газа) на месте осуществления газификации пласта.	Наличие предприятий-потребителей газа ПГУ с равномерным потреблением газа в течение года.
Значительное снижение выбросов вредных веществ в атмосферу, отсюда отсутствие, например, необходимости улавливания и захоронения CO ₂ .	Деформации пород, тепловые и химические, гидрогеологические трансформации геосред вблизи угольного пласта (фенолы, альдегиды, токсичные элементы).
Практически отсутствует необходимость отчуждения земель. Минимальное воздействие на большинство геосфер (педосфера, растительный покров, поверхностная гидросфера и донные осадки, социосфера). Отсутствуют отходы пород и проявления гидродинамических процессов (провалы, карст, образование депрессионных воронок).	Из-за высоких температур (до 1600 °C) и влажности газ является агрессивной средой. Большое давление формирует зону ползучести угля.
Увеличение горного давления, плотности вмещающих пород, температуры, уменьшение влажности пород оказывают положительное влияние на протекание технологического процесса газификации из-за уменьшения утечек газа и дутья, улучшения кинетики газообразования, степени использования промышленных запасов угля и повышения химического КПД процесса. Полнота извлечения энергии из угольного пласта (до 80 %) и минимизация ее потерь.	Над выгазованным пространством непредсказуемы явления спекания, деформации, разрушения, изменений физико-механических свойств пород. Ограниченность методов прогнозирования поведения толщи пород. Низкий КПД (55-60 %).
Газификация при высоком давлении позволяет осуществлять бескомпрессорную, безвредную и менее опасную (по сравнению с углем) транспортировку очищенного горючего газа на расстояние до 200-250 км.	Процессы горения угля нестабильны и подконтрольно неуправляемы.
Возможность получения осязательного эффекта в автономном энергетическом обеспечении промышленных районов, не обладающих запасами традиционных углеводородов, и районов пионерного освоения. Комплексность переработки и использования ископаемых углей.	Неконкурентоспособность в ближайшее время с традиционными энергетическими источниками.
Отсутствие людей непосредственно в добычном забое.	Большое количество скважин.

Табл. Характеристика эколого-экономических условий проведения скважинной подземной газификации углей на глубинах более 800 м.

личивают спектр ресурсов, доступных для удовлетворения спроса. Так, достижения в области технологии добычи углеводородов в последние десятилетия (разработка шельфа, установки для повышения качества синтетической нефти из битумоносных пород, добыча сланцевого газа и др.) сыграли ключевую роль в решении проблем, некогда казавшихся непреодолимыми. Поэтому постоянное стремление к совершенствованию технологий позволит и в будущем расширять ресурсную базу углеводородного сырья.

Таким образом, целью политики в области обеспечения экологической безопасности является последовательное ограничение нагрузки топливно-энергетических комплексов России на окружающую среду, приближение к соответствующим мировым экологическим нормам. Добыча углеводородного сырья связана с техногенным воздействием на объекты окружающей среды. Трансформация природных геосистем начинается уже на стадии проходки скважин. Экологический ущерб при ПГУ выражается, прежде всего, в повышении температуры горных пород и химическом загрязнении подземных вод под действием теплового антропогенного потока. Регионы добычи углеводородов представляют собой пример создания за короткий период времени геотехногенной формации (Шило и др., 2004). Отличительной чертой последней как открытой системы является высокая степень адаптации к изменяющемуся окружению за счет подтоков вещества и энергии. При этом техногенез может привести к возникновению в литосфере ранее неизвестных химических, физических, биологических аномалий, а рост численности населения земного шара и общий прогресс цивилизации способствуют расширению видов и объемов промышленного минерального сырья и снижению требований к его кондициям (переработка менее качественного сырья), что постепенно уменьшает расстояние между природными и техногенными месторождениями. Поэтому закон наследования «новое зарождается в недрах старого» находит подтверждение в формировании техногенного минерального сырья на площадях с природными скоплениями полезных ископаемых (Сунгатуллин, 2010). ПГУ является одним из примеров создания минерального сырья за счет техногенной трансформации природных залежей углеводородов, в основе которой лежит идея возможности целенаправленного изменения свойств углеводородного массива в результате физико-химических воздействий.

В мире вновь возвращаются к идее ПГУ, т.к. потенциальные достоинства данного способа позволяют устранить многие проблемы, характерные для традиционных способов добычи и переработки угля (Таблица). Очевидно, что при проектировании предприятий ПГУ необходимо проводить специальные геоэкологические исследования, геологический мониторинг и гидрогеологические расчеты. Должны быть разработаны рекомендации по снижению или устранению вредного воздействия загрязненных сред, образующихся при ПГУ на природные комплексы.

Подземную газификацию углей сегодня нужно рассматривать как технологию средней перспективы, которая пока не в состоянии конкурировать с природным газом и нефтью, однако, с учетом вышеизложенного, скважинная технология ПГУ является наиболее вероятным способом освоения угольных ресурсов Татарстана в обозримом будущем. Ее эффективность может быть повышена

за счет комплексной отработки сопутствующих видов углеводородного сырья.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №12-05-97028.

Литература

- Варшавская И.Е., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г., Милетенко Н.В., Федонкин М.А. Новая концепция развития ресурсной базы углеводородного сырья. *Вестник РАН*. 2012. Том 82. № 2. 99-109.
- Гафуров Ш.З., Хасанов Р.Р. Экономические и геоэкологические аспекты добычи техногенного газа из угольных месторождений Камского бассейна. *Проблемы комплексного использования техногенных месторождений угольного ряда*. ВНИГРИУголь. 2002. 78-80.
- Глушков А.И., Кондырев Б.И. Охрана окружающей среды при подземной газификации угля: Аналитический обзор. ГПНТБ СО РАН, Дальневост. политех. ин-т. Новосибирск. 1993. 129.
- Крейнин Е.В. Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив: уголь, углеводородное сырье. М. ООО «ИРЦ Газпром». 2004. 302.
- Крейнин Е.В., Федоров Н.А., Звягинцев К.Н., Пьянкова Т.М. Подземная газификация угольных пластов. М. Недра. 1982. 151.
- Ларочкина И.А. Геологические основы поисков и разведки нефтегазовых месторождений на территории Республики Татарстан. Казань. Изд-во ООО «ПФ «Гарт». 2008. 210.
- Муслимов Р.Х. Нетрадиционные и альтернативные источники энергии: перспективы развития. *Рациональное освоение недр*. 2010. № 1. 46-52.
- Мухаметшин Р. З. Палеоврезы и их роль в освоении трудноизвлекаемых запасов нефти. М.: Геонинформмарк. 2006. 80.
- Скотт А.Н. Прогноз развития энергетики на период до 2030 г. *Геология нефти и газа*. 2007. № 5. 58-62.
- Сунгатуллин Р.Х. Формирование техногенных месторождений в Республике Татарстан. *Известия вузов. Горный журнал*. 2010. № 1. 118-124.
- Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.К., Ибрагимов Р.Л., Покровский В.А. Гидрогеологические условия нефтяных месторождений Татарстана. Казань. Изд-во «Фэн». 2009. 254.
- Хрусталева Г. К., Медведева Г. А. Современные направления и способы экологически чистого использования углей в России и за рубежом. *Разведка и охрана недр*. 2006. № 9-10. 33-39.
- Шило Н.А., Патык-Кара Н.Г., Шумилов Ю.В. Геотехногенные формации минеральных месторождений. *Доклады РАН*. 2004. 399, № 4. 513-515.

R.Kh. Sungatullin, R.R. Khassanov, G.M. Sungatullina. **Alternative Technologies of Debugging Hydrocarbon Deposits in the Republic of Tatarstan (Russia): the Ecological Aspect.**

The ecological characteristics of the Visean coals underground gasifying are described. Current advantages and technological disadvantages of alternative method of obtaining gas from coals in comparison with traditional hydrocarbons production are shown.

Key words: coal, underground gasifying, environment, borehole, Carboniferous deposits.

Рафаэль Харисович Сунгатуллин

Д. геол.-мин.н., доцент каф. региональной геологии и полезных ископаемых. Научные интересы: геоэкология, гидрогеология, геохимия, литология, методология наук о Земле.

Гузель Марсовна Сунгатуллина

К. геол.-мин.н., доцент кафедры палеонтологии и стратиграфии. Научные интересы: стратиграфия и палеонтология каменноугольных отложений.

Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета. 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5. Тел.: (843) 292-85-77.