



❖ ————— ❖

ХИМИЯ
CHEMISTRY

УДК 662.743

ГАЗОНОСНОСТЬ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ УЛУГ-ХЕМСКОГО БАССЕЙНА*М.П. Куликова**Тувинский государственный университет,**Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл***THE GAS-BEARING OF COAL SEAMS OF UIUG-KHEM BASIN***M. Kulikova**Tuvan State University,**Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS, Kyzyl*

Приведены данные об угленосности и газоносности угольных пластов Улуг-Хемского угольного бассейна. На примере углей Улуг-Хемского бассейна показана значимость трещиноватости и фильтрационных параметров угольных пластов для направления дальнейших исследований. При прогнозе добычных возможностей метана угольных пластов необходимо учитывать все факторы, определяющие способность угля к газоотдаче, а не только количество угля, содержание в угле сорбированного метана и коэффициент извлечения газа. Развитие добычи метана из угольных пластов Улуг-Хемского бассейна требует более глубокого и всестороннего анализа результатов исследований газоносности не только углей, но и пород угленосной толщи, включающих скопление свободного газа.

Ключевые слова: каменный уголь, угленосность, газоносность, угольный бассейн, фильтрационные параметры, прогноз добычи метана

The data on coal-bearing and gas-bearing coal seams Ulug-Khem coal basin. For example, coals Ulug-Khem basin was show the importance of the cracks and of the filtration parameters of coal seams to guide future researches. At the forecast of the potential of coal bed methane must take into account all of the factors which determine the ability of the coal to a gas recovery, not only the amount of gas content in coal, but and the amount of adsorbed methane, the gas recovery factor.

The Development of the production of methane from coal seams Ulug-Khem basin requires a more in-depth and comprehensive analysis of the results of research, not only the gas-bearing coal, but the analysis gas-bearing the strata of rocks, including of free gas.

The data on the foulness of coal seams of Ulug-khem basin

Key words: coal, carboniferous, gas-bearing, coal basin, filtration parameters, methane production forecast.

1. Перспективы развития добычи метана из угольных пластов

В настоящее время во всем мире уделяется большое внимание нетрадиционным источникам углеводородов. К нетрадиционным ресурсам газового сырья относят скопления углеводородных газов в угольных и сланцевых формациях, плотных коллекторах (песчаниках и карбонатных породах), а также газогидратные залежи. Наиболее доступными для освоения являются ресурсы метана угольных пластов. Метан угольных пластов можно добывать в качестве попутного или самостоятельного полезного ископаемого. Угольные бассейны можно рассматривать как метанугольные, подлежащие комплексному освоению. Многие районы, в которых находятся угольные бассейны, расположены на значительном расстоянии от месторождений природного

газа. Поэтому представляет интерес оценка ресурсов метана в пластах Улуг-Хемского угольного бассейна для его промышленной добычи. Это позволит обеспечить регион собственным местным газом, который является доступным, дешевым и экологически чистым.

Существует два полярных мнения о перспективах развития добычи метана из угольных пластов. Согласно первому, добыча метана из угольных пластов, неразгруженных горными работами, экономически нецелесообразна, добычу метана необходимо производить в процессе дегазации шахт. Другие исследователи считают, что необходимо осваивать углегазовые бассейны. Это является особенно актуальным в районах, удаленных от месторождений природного газа и магистральных газопроводов.[1]

К настоящему времени в мире накоплен значительный опыт разработки и промысловой добычи метана в США, Австралии, Канаде, Китае, Индии, Англии и Германии. Опыт углегазового промысла США, Канады, Австралии, Китая и других стран мира показал, что применение высокоэффективных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов (гидроразрывов, импульсных пневмо-гидродинамических воздействий на угольный пласт в открытом стволе – кавитация, направленное бурения и др.), обеспечило получение высоких дебитов промысловых скважин (в активный период работы скважины 5-40 тыс. м³/сут., в пиковый – 15-80 тыс. м³/сут. и более). Льготное налогообложение на прибыль в начальный период, практикуемое во всех странах, где развивается данная отрасль, позволяет в короткое время достичь высоких показателей в добыче. Так, благодаря государственной поддержке, соответствующему законодательству и налоговым льготам, добыча угольного метана в США в 2011-м составила более 50 млрд.м³. Это привело к созданию специализированного промысла в угольных бассейнах – новой топливно-энергетической отрасли.[3]

Прогнозные ресурсы угольного метана в Российской Федерации оцениваются в пределах 50-60 триллионов м³. Практика использования шахтного метана как энергетического топлива в России находится на уровне 5-10% от общего объема дегазации, хотя дегазационными установками из угольных шахт извлекается и выбрасывается в атмосферу - более 1 млрд.м³. К наиболее изученным, с точки зрения газоносности отложений, относятся Кузнецкий и Печорский бассейны. Ресурсы метана сосредоточенного в угленосных свитах Печорского бассейна составляет 1,942 трлн. м³, Кузнецкого бассейна составляет 13,1 трлн.м³. [2]

Кузбасский угольный бассейн обладает уникальными углегазопромысловыми характеристиками: прогнозные ресурсы метана в угольных пластах бассейна составляют более 13 трлн. м³ на площади в 21 тыс. км²; основные угольные пласты, как объекты добычи метана, расположены до глубины 1,8 км и представлены углями средней стадии метаморфизма (марки ГЖ, Ж, ЖК), которым свойственна повышенная трещиноватость и содержание метана до 25 - 30 м³/т; высокая плотность ресурсов метана в пластах (до 3 млрд. м³/км²). В октябре 2000 г. ОАО Газпром и администрация Кемеровской области заключили договор по реализации совместного проекта по добыче метана из угольных пластов Кузнецкого бассейна. В настоящее время опыт добычи угольного метана реализуется в Южном Кузбассе на Талдинской и Нарыкско-Осташкинской площадях, где проводится пробная промышленная эксплуатация 8 углеметановых скважин.[4,7-9]

2. Угленосность Улуг-Хемского бассейна

Улуг-Хемский угольный бассейн расположен в центральной части республики и представляет собой отрицательную структуру типа наложенной мульды, осложненную структурами более низких порядков, такими как Кызылско-Эрбекская, Сесерлигско-Талсинская и Верхне-Элегестская мульды, Эчки-Оттугская и Березовская синклинали, Чихачевская, Баянкольская, Кочетовская, Совхозная антиклинали. Кызылско-Эрбекская мульда, занимающая центральную часть бассейна, является наиболее крупной структурной площадью ~1650 км² и общей мощностью юрских отложений до 2100 м.

В Улуг-Хемском бассейне отложения элегестской, эрбекской и салдамской свит угленосны. В элегестской свите встречаются до трех маломощных (0,10 – 0,20 м) угольных пропластков, и лишь на западном фланге Межегейского месторождения развит пласт 1,1-

«Межегейский». Он распространен на ограниченной площади, имеет мощность 0,40 – 2,05 м, характеризуется простым строением. Салдамская свита в пределах бассейна содержит до 20 угольных пропластков мощностью 0,1-0,2 м. Коэффициент общей угленосности салдамской свиты не превышает 1,5%, промышленная угленосность крайне низкая. Наиболее угленасыщенной частью является эрбекская свита, в которой размещены все рабочие угольные пласты. Минимальная угленосность установлена в пределах Эчки-Оттугской и Сесерлигско- Тапсинской синклиналей. Эрбекская свита содержит от до 30 пластов мощностью 0,7 м и более, а также большое количество (до 40-80) угольных пропластков. Их суммарная мощность колеблется от 6,05 до 26,0 м, коэффициент общей угленосности составляет 1.34-5,43, рабочей угленосности- 0,57-4,14%. К верхам нижней подсвиты приурочен основной выдержанный пласт 2.2-Улуг. Мощность его изменяется от 0,5 до 19,5 м, другие «сопутствующие» пласты невыдержанные, имеют как простое, так и сложное строение, мощность их составляет 0,7-3,0 м. [7]

Промышленная угленосность бассейна связана с эрбекской свитой, включающей от 1 до 10 угольных пластов мощностью от 0,7 до 20 м. На основной промышленный пласт 2.2-Улуг приходится порядка 70% всех прогнозных ресурсов углей бассейна. Этот пласт прослеживается практически на всей площади бассейна и в большинстве случаев имеет простое строение. [5] Пласт 2.2-Улуг в пределах Кызылско-Эрбекской мульды содержит угли разных классов -0,6; 0,7; 08; 0,9 и 11 (ГОСТ 9477-86). [6]

На территории Кызылско-Эрбекской мульды распространены угли седьмого и восьмого классов: в северо-восточной части – наименее метаморфизованные угли (6 класс); в юго-западной – сосредоточены наиболее метаморфизованные угли. На Красногорском участке Элегестского месторождения, на площади ~80 км², распространены угли 11 класса; угли девятого класса характерны для южного, погруженного, крыла Элегестской антиклинали и южного замыкания Кызылско-Эрбекской мульды. На рис.1 представлен марочный состав углей пласта 2.2-Улуг Улуг-Хемского бассейна:

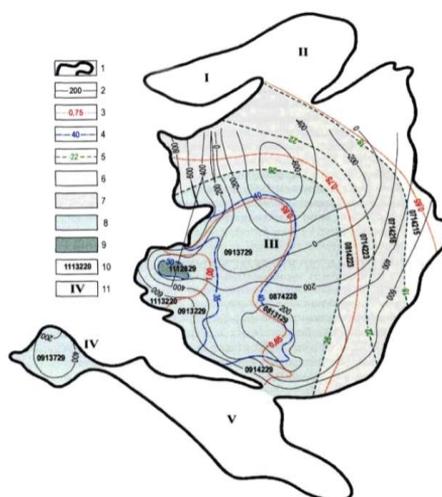


Рис. 1. Марочный состав углей пласта 2.2-Улуг Улуг-Хемского бассейна:

I - V - структуры бассейна: I- Эчки-Оттугская синклиналь, II- Сесерлигско-Тапсинская мульда, III- Кызылско-Эрбекская мульда, IV- Верхне-Элегестская мульда, V- Березовская синклиналь; 1 - выход пласта под наносы; 2 - изогипсы подошвы пласта (м); 3 - изореспленды (R_0 , %); 4 – выход летучих веществ (V^{def} , %); 5 – толщина пластического слоя (γ , мм); 6-9 – марки углей: 6 - газовый, 7 - газовой-жирный, 8 - жирный, 9 - коксовый жирный.

Почва пласта 2.2-Улуг сложена алевролитами, реже углистыми алевролитами и мелкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов. Кровлю пласта образуют средне- и крупнозернистые песчаники, иногда с маломощными прослоями конгломератов. Изогипсы почвы пласта 2.2-Улуг находятся на глубине 460-570 м от дневной поверхности.

3. Газоносность угольных пластов Улуг-Хемского бассейна

Изучение газоносности угольных пластов бассейна проводилось в небольшом объеме на участках поисково-оценочных работ и предварительной разведки. В местах пересечения скважинами пласта 2.2.-Улуг на глубине 350-400 м наблюдались кратковременные выделения газа. Газоносность угленосных отложений наиболее изучена в северо-восточной и юго-западной частях бассейна. Газоносность пласта 2.2.-Улуг колеблется от 10 до 20 м³/т.[7] Распределение метана в угольных пластах с глубиной показано на рис.2.

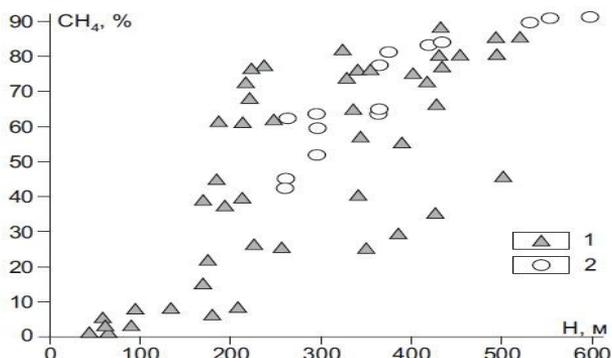


Рис.2. Распределение метана в угольных пластах с глубиной
1- данные по пласту 2.2-Улуг, 2 – данные по сопутствующим угольным пластам

Глубина появления метана на Элегестском месторождении составляет 50 м, глубина появления метана на Межегейском месторождении – 80 м. Глубинные интервалы распространения газовых зон по площади различны. В юго-западной части бассейна метаноазотная зона зафиксирована на глубине до 250 м, в центральной части бассейна – на глубине 550 м, в северо-восточной части – до 190 м. В этих же местах на глубине до 300 м, 550 м и на глубине до 220 м расположена зона метановых газов.

Изменение газоносности пласта с глубиной представлено на рис.3 (H-глубина опробования, м; Г - природная газоносность, м.)

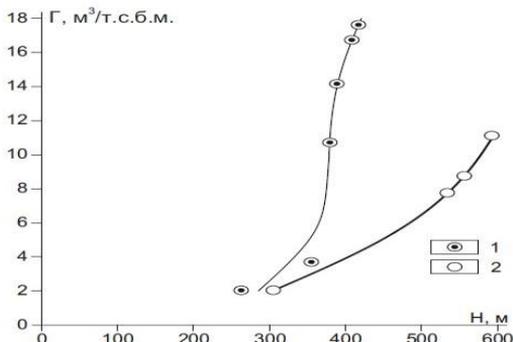


Рис.3. Изменение газоносности пласта 2.2-Улуг с глубиной
1-газоносность в антиклинальных структурах; 2- газоносность в брахисинклиналях

В антиклинальных структурах, ниже зоны газового выветривания, газоносность пласта 2.2.-Улуг резко возрастает и достигает $17 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ (сухой беззольной массы) на глубине 450 м. Газоносность пласта в синклинальных и брахисинклинальных структурах с глубиной растет более плавно ($11 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ на глубине 600 м.) Общей чертой распределения углеводородных газов в пределах Элегестского и Межегейского месторождений является интенсивное нарастание газоносности угольных пластов с глубиной от верхней границы метановых газов и отсутствие газовой стабилизации. Газоносность углей пласта 2.2.-Улуг соответствует их потенциальной метаноёмкости. [7]

Распределение газоносности вмещающих пород в зависимости от глубины залегания представлено на рис. 4.

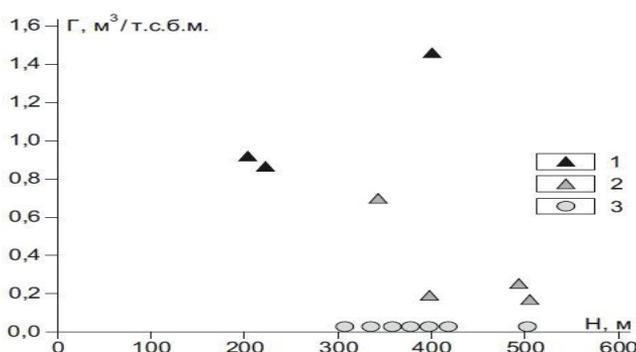


Рис.4. Распределение газоносности вмещающих пород по глубине
1- аргиллиты; 2- алевролиты; 3- песчаники

В интервале 200-600 м породы разного литологического состава и с различным содержанием углистого вещества характеризуются различной газоносностью: углистые аргиллиты и алевролиты содержат значительное количество газа (до $1,57 \text{ м}^3/\text{т}$), но алевролиты являются менее газоносными породами. Песчаники практически не содержат углеводородных газов. Газоносность углистых пород с содержанием угольного вещества более 25% увеличивается с глубиной и влияет на газообильность горных выработок. Повышение газообильности выемочных участков зависит от количества некондиционных угольных пластов, пропластков и слоев угля малой мощности.

Существует закономерность газоносности от тектонического строения месторождений угля. Угольные пласты в пределах антиклиналей характеризуются повышенными значениями газоносности на небольшой глубине. Например, градиент нарастания газоносности для разных глубин составляет, $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$: 6-300-350 м; 8 -350-400 м. Угленосные отложения Межегейской брахисинклинали на тех же глубинах характеризуются меньшей газоносностью и замедленным нарастанием газоносности с глубиной. Градиент нарастания газоносности составляет, $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$: 0,8 - 300-350 м.; 0,9 - 350-400 м. Угольные пласты Красногорской синклинали, ядро которой прогнуто, характеризуются пониженным содержанием газов и большой глубиной зоны газового выветривания. На характер распределения газоносности по простиранию и падению большое влияние оказывает форма рельефа и выклинивание угольных пластов на выходах. Это обуславливает различную интенсивность миграции газов на поверхность, степень деметанизации пластов и величину газоносности. В целом по Улуг-Хемскому бассейну верхняя граница метановых газов расположена на глубине 350-400 м. В местах крутого залегания пласта 2.2.-Улуг положение

этой границы прогнозируется на глубине до 600 м. Зона газового выветривания определяется глубиной 0-150 м [10].

Угольный пласт представляет собой нетрадиционный коллектор трещиновато-пористого типа- с системой микропор, макропор и трещин кливажа. Размеры пустот колеблются от нескольких ангстрем до миллиметров. Основной объём метана (90 - 95%) находится в связанном (сорбированном) состоянии в матрице или на поверхности угольного вещества. В свободном состоянии в порово-трещинном пространстве угля встречается до 10% метана. Степень метаморфизма угля является основным параметром, определяющим количество метана, находящегося в угле в адсорбированном состоянии. Установлено, что с глубиной происходит рост степени метаморфизма углей, благоприятного для промышленной добычи метана. В это же время с глубиной происходит всё большее закрытие трещин, снижение проницаемости, что может приводить к снижению эффективности добычи метана.

Угленосность и газоносность углей не является надежной предпосылкой для рентабельного извлечения метана из угольных пластов, необходимо выявление площадей с повышенной проницаемостью и газоотдачей углей. Объёмы добычи метана зависят не только от количества угля и объёма сорбированного в нём метана, но и от фильтрационных параметров пластов, которые определяются структурно-геодинамическим состоянием горного массива. Хорошо развитые системы макро-, мезо- и микротрещин играют главную роль в полной проницаемости угольных пластов. Фильтрационные свойства пласта 2.2-Улуг раньше не определялись, так как метан рассматривался с одной стороны как попутное полезное ископаемое, извлекаемое в процессе ведения горных (кооптируемый газ) работ, а с другой, как источник опасных геодинамических явлений, подлежащих удалению в процессе дегазации.[7-9]

При прогнозе добычных возможностей метана угольных пластов необходимо учитывать все факторы, определяющие способность угля к газоотдаче, а не только количество угля, содержание в угле сорбированного метана и коэффициент извлечения газа. Необходимо проводить исследования фильтрационных параметров пласта 2.2-Улуг, учитывать литостатическое давление, величину проницаемости угольных пластов. Оценка проницаемости угольных пластов необходима для выбора оптимального расположения добывающих скважин на промыслах (чем выше значение проницаемости, тем больше дистанция между скважинами).[7-9] Необходимо выделить проницаемые для метана коллекторы в угольных пластах Улуг-Хемского бассейна и вмещающих породах на основе исследований вещественного состава, структуры и свойств угольных пластов, 3 D-моделей напряженного состояния массива. Всё это даст возможность направления дальнейших исследований. Объективными предпосылками организации таких исследований углей Улуг-Хемского бассейна является мировой опыт, наличие технологий эффективного извлечения метана из угольных пластов и большие его ресурсы в недрах, позволяющие вести рентабельную добычу метана из угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого. Что в свою очередь позволит использовать метан для отопления жилых помещений, для производства электроэнергии и как топливо для автотранспорта.

Библиографический список

1. Метанугольные бассейны и месторождения России // Голицын М.В., Богомолов А.Х., Вялов В.И. и др. // Геология нефти и газа.- 2003.- №3.
2. Голицын М.В. Газоугольные бассейны России и мира/Голицын А.М., Пронина Н.В., Богомолов А.Х.- М.: Изд-во МГУ, 2002.- 249 с.
3. Moore T.A. Coalbed methane: A review// International Journal of Coal Geology.- P.101
4. Дмитриевская Т.В. Проблемы добычи метана из угольных пластов и новейшая геодинамика на примере Талдинского месторождения/ Геология нефти и газа.-2012.- №4
5. Куликова М.П. Использование углей Улуг-Хемского бассейна / Энергетик.- 2012.-№1.- с.31-34
6. Куликова М.П., Балакина Г.Ф., Куулар В.В. Использование топливно-энергетических ресурсов в Туве /Известия вузов. Проблемы энергетики.- 2011-№11.- с.40-45.
7. Полевщиков Г.Я. Физико-химические особенности газоносных угольных пластов Кузбасса / Г.Я. Полевщиков, Е.С. Непейна, Е.М. Цуран, В.П. Титов // Вестник КузГТУ. – 2013. – № 2. – С. 10 – 13.



8. Тайлаков О.В. Определение газоносности угольных пластов на основе исследования процессов фильтрации и диффузии метана / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.Н. Кормин, Е.А. Уткаев // Уголь. – 2015. – № 1. – С. 74 – 77.
9. Тайлаков О.В. Особенности оценки ресурсов метана угольных пластов на примере Кузбасса / О.В. Тайлаков, В.О. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.Н. Кормин // Наука и техника в газовой промышленности. – 2015. – № 2 (62). – С. 18 – 21.
10. Угольная база России. Том III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири.-М.: ООО «Геоинформцентр», 2002.-488 с.

Bibliograficheskiy spisok

1. Metanougolnye basseyny I mestorozhdeniya Rossii/ Golitsyn M.V., Bogomolov A.Kh., Vyalov V.I.// Geologiya nefiti i gaza.- 2003.-N3.
2. Golitsyn M.V. Gazougolnye basseyny Rossii i mira/ Golitsyn A.M., Pronina N.V., Bogomolov A.Kh.- M.: izd-vo MGU, 2002.-249 s.
3. Moore T.A. Coalbed methane: A review// International Journal of Coal Geology.- P.101
4. Dmitrievskaya T.V. Problemy dobychi metana iz ugolnykh plastov i noveishaya geodinamika na primere Taldinskogo mestorozhdeniya/Geologiya nefiti i gaza.-2012.-N.4
5. Kulikova M.P. Ispolzovanie ugley Ulug-Khemsckogo basseyna/ Energetik.-2012.-N.1.-s.31-34.
6. Kulikova M.P., Balakina G.F., Kuular V.V. Ispolzovanie toplivno-energeticheskikh resursov v Tuve/ Izvestiya vuzov. Problemy energetiki.- 2011.-N.11- s.40-45.
7. Polevshchikov G.Ya. Fiziko-khimicheskie osobennosti gazonosnykh ugolnykh plastov Kuzbassa/ G. Ya Polevshchikov, E.S. Nepeina, E.M.Tsuran, V.P, Titov// Vestnik KuzGTU.- 2013,-N.2.-s.10-13.
8. Taylakov O.V. Opredelenie gazonosnosti ugolnykh plastov na osnove issledovaniya protsessov filtratsii I diffuzii metana/ O.V. Taylakov, D.N.Zastrelov, A.N. Kormin, E.A. Utkaev// Ugol.-2015.-N.1(62).- s.74-77.
9. Taylakov O.V. Osobennosti otsenki resursov metana ugolnykh plastov na primere Kuzbassa/ O.V. Taylakov, V.O. Taylakov, D.N.Zastrelov, A.N. Kormin// Nauka I tekhnika v gazovoy promyshlennosti.-2015.-N.2(62).- s.18-21.
10. Ugolnaya baza Rossii. Tom III. Ugolnye basseyny i mestorozhdeniya Vostochnoy Sibiri.-M.: ООО "Geoinformtsentr",2002.- 488 s.

Куликова Марина Петровна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии Тувинского государственного университета; старший научный сотрудник Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл, E-mail: mpkulikova@mail.ru

Kulikova Marina – candidate of chemical Sciences, Lecturer in the Department of Chemistry, Tuvan State University; Senior Research Assistant in the Department of Chemical and Technological Research, Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, E-mail: mpkulikova@mail.ru