

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 622.831.325

ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОЙ ГАЗОНОСНОСТИ С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСШТАБАХ

STUDY OF NATURAL GAS CONTENT FOR THE DEVELOPMENT OF COAL SEAM METHANE PRODUCTION ON AN INDUSTRIAL SCALE

Шубина Елена Андреевна,
аспирант, e-mail: Lena_shubina@mail.ru
Shubina Elena A., postgraduate student
Лукьянов Виктор Григорьевич,
д-р техн. наук, профессор, e-mail: lev@tpu.ru
Lukyanov Viktor G.,
Dr. Sc. (Engineering), Professor

Институт природных ресурсов Томского политехнического университета, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
Tomsk Polytechnic University, 30, Lenina Avenue, Tomsk, 634050, Russian federation. Email: lev@tpu.ru

Аннотация.

Актуальность работы заключается в необходимости совершенствования требований к изучению природной газоносности угольных пластов при производстве геологоразведочных работ, подсчёту запасов и ресурсов метана для подготовки информации необходимой для проектирования и развития добычи метана из угольных пластов в промышленных масштабах.

Цель работы: изучение проблемных вопросов в части объёмов проводимых исследований при производстве геологоразведочных работ, обоснование необходимости детального изучения природной газоносности угольных пластов для выполнения предпроектных проработок в части возможности добычи метана и обеспечения безопасной отработки угольных месторождений при добыче угля подземным способом.

Методы исследования:

Авторами работы произведен анализ объёмов исследований природной газоносности угольных пластов при производстве геологоразведочных работ на угольных месторождениях. В процессе работы выявлена необходимость совершенствования нормативной базы в части увеличения объёмов проводимых исследований при изучении природной газоносности угольных пластов. Освещены проблемы развития добычи метана из угольных пластов и предложены методы их решения. Выполнение предложенных методов позволит выполнять предпроектные проработки в части рассмотрения добычи метана в промышленных масштабах и обеспечение безопасного ведения горных работ на угольных шахтах с высокой природной газоносностью.

Результаты. Совершенствование нормативной базы в части детального подхода к изучению природной газоносности угольных пластов позволит обеспечить комплексный подход к подсчёту запасов и ресурсов метана в угольных пластах, учёту их в государственном балансе, а так же позволит развивать процесс проектирования и технологии по добычи метана.

Abstract.

The relevance of the study is due to the need to improve the requirements concerning the investigation of coal seam gas content during geological exploration, estimation of methane reserves and resources in order to collect the data required for design and development of coal seam methane production on an industrial scale.

Purpose is to study the problems related to defining the amount of research required to carry out during geological exploration, the rationale for a detailed study of coal seam gas content to perform pre-project studies aimed at defining the possibility of methane production and ensuring underground coal mine safety.

Research methods: the authors analysed the amount of research on coal seam gas content required to carry out during coal geological exploration. It has been revealed that there is a need to improve the regulatory framework in terms of increasing the amount of the research aimed at studying coal seam gas content. The prob-

lems related to coal seam methane production development have been identified and the methods to solve them have been proposed. Implementation of the proposed methods allows carrying out pre-design studies regarding methane production on an industrial scale and to ensuring operation safety in higher-gas content coal seams.

The Results include improvement of the regulatory framework in terms of elaboration of detailed approach to the study of coal seam gas content, which would ensure an integrated approach to the estimation of coal seam methane reserves and resources, their account in the public balance sheet, as well as this would contribute to methane production design and technology development.

Ключевые слова:

Метан, природная газоносность, скважина, дегазация, безопасность горных работ, газовыделение, газодинамические процессы, угольный пласт, выемочный (очистной) участок.

Key words:

Methane, natural gas-bearing, well, gas drainage, safety of mining operations, gas emission, gas-dynamic processes, coal seam, production block.

В связи с увеличением мирового интереса к углеводородному сырью, возрастает и интерес к угольным пластам как к источнику накопления метана. Не смотря на то, что метан является наиболее опасным спутником угля, а технология его добычи в России на глубоких горизонтах с высокой природной газоносностью имеет на сегодняшний день лишь подход в части дегазации угольных пластов с целью обеспечения безопасной добычи угля, можно с уверенностью полагать, что в будущем метан может стать ценным полезным ископаемым, подлежащим самостоятельной промышленной добыче или попутному извлечению в шахтах при комплексной поэтапной эксплуатации газоносных угольных месторождений.

Анализ текущего состояния и перспектив российского топливно-энергетического комплекса указывает на угрожающе надвигающееся истощение «газовой манны» и необходимость в ближайшем десятилетии перехода от газовой стратегии к газовоугольной, а в дальнейшем и к углегазовой (1). В данной ситуации не малая роль будет отведена добыче метана из угольных пластов путём их дегазации.

При подземной газификации угля сырой газ обладает теплотворной способностью 10–11 МДж/м³, на базе такого газа возможно получение заменителя природного газа (2). В Америке с 70-х годов активно развивается добыча сленцевого газа и метана из угольных пластов с применением гидрорасчленения (3) (4) (5).

Прогнозные ресурсы метана в основных угольных бассейнах России оцениваются в 84 трлн куб. м, что соответствует примерно трети прогнозных ресурсов природного газа страны. Особое место среди угольных бассейнов России принадлежит Кузбассу, который по праву можно считать крупнейшим из наиболее изученных метаноугольных бассейнов мира. Прогнозные ресурсы метана в Кузбасском угольном бассейне оцениваются более чем в 13-20 трлн куб. м (6).

Представленная оценка ресурсов метана в угольных пластах соответствует глубине до 2000 м. Такая сырьевая база Кузбасса обеспечивает возможность крупномасштабной добычи метана (вне шахтных полей) как самостоятельного

полезного ископаемого. Но представленные сведения о ресурсах метана носят условно предварительный характер.

Связано это с тем, что в период активного развития геологоразведочных работ в послевоенные годы, имеющаяся на тот момент техника и технология добычи были направлены в первую очередь разведку и добычу угля с целью развития металлургической отрасли промышленности. В связи с тем, что ведение горных работ на угледобывающих предприятиях с развитием отрасли приводило к увеличению нагрузки на очистной забой, увеличению темпов проведения горных выработок, это привело к неизбежному увеличению глубины ведения горных работ от поверхности земли и увеличению относительной газоносности угольных шахт. Угледобывающие предприятия стали сталкиваться с проблемой вентиляции горных выработок и дегазации угольных пластов. Данный факт повлек за собой разработку инструкций по расчёту проветривания горных выработок и разработке способов дегазации угольных пластов. Активная разработка нормативной базы по данному направлению велась в 70-90 гг.

До недавнего времени в России метан из угольных пластов извлекался только попутно, на полях действующих шахт системами шахтной дегазации, включающими скважины, пробуренные с поверхности. В 2003 г. «Газпром» приступил к реализации проекта по оценке возможности промышленной добычи метана из угольных пластов в Кузбассе. Лицензией на поиск, разведку и добычу метана угольных пластов в пределах Южно-Кузбасской группы угольных месторождений обладает ООО «Газпром добыча Кузнецк» — первая и единственная компания в России, добывающая метан угольных пластов. Компания разрабатывает два метаноугольных промысла, площадь лицензионного отвода составляет 6 тыс кв. км до глубины 2 км, оценка ресурсов метана угольных пластов — 5,7 трлн куб. м. (6).

Не смотря на это, запасы метана угольных пластов в России впервые были утверждены в мае 2011 г. по Юго-Восточному участку Талдинского метаноугольного месторождения. С целью производства на данном месторождении опытно-

промышленной добычи метана из угольных пластов. Можно сказать, что в связи с наличием на территории России большого количества угольных месторождений, отношение к нетрадиционным источникам углеводородов было достаточно скептическим. Только в последнее десятилетие наблюдается возрастание определённого интереса к развитию этой отрасли и формированию государственного баланса с учётом запасов метана.

При изучении природной газоносности и подсчёте запасов метана на сегодняшний день, геологоразведочные организации руководствуются следующими нормативными документами:

- методическим руководством по оценке ресурсов углеводородных газов угольных месторождений как попутного полезного ископаемого (7);
- методикой определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах (8);
- инструкцией по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах (9);
- методическими рекомендациями по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы (10).

Перечисленные инструкции были утверждены 1977-1988 гг. С увеличением мирового интереса к добыче сланцевого газа и к добыче метана из угольных пластов как к самостоятельному виду, а не попутному полезному ископаемому. В 2001 г. приказом МПР России № 126 от 7 февраля утверждена «Временная классификация запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов» (11). Данная инструкция устанавливает единые для Российской Федерации принципы подсчета и государственного учета запасов месторождений и перспективных ресурсов нефти и горючих газов в недрах по степени их изученности и народнохозяйственному значению, условия, определяющие подготовленность разведанных месторождений для промышленного освоения, а также основные принципы оценки прогнозных ресурсов нефти и газа.

Учитывая вышеизложенное формирование нормативной базы для изучения и подсчёта запасов и ресурсов метана, проектировщики и недропользователи метанугольных месторождений сталкиваются с недостаточно изученной природной газоносностью и отсутствием утверждённых запасов метана.

Действующие предприятия, ведущие добычу угля в Кузнецком угольном бассейне подземным способом, уже работают на горизонтах ± 0 м (абс.) и -300 м (абс.). Природная газоносность угольных пластов в данном интервале глубин составляет $10-30$ м³/т сухой беззолной массы (далее с.б.м.) (12). В дальнейшем глубина разработки угольных месторождений будет так же увеличиваться, в связи

с многолетней обработкой вышележащих горизонтов. Это приведёт к серьёзным производственным затратам на снижение газоносности, то есть производство текущей и предварительной дегазации угольных пластов с целью обеспечения безопасной отработки, что влечёт за собой увеличение себестоимости добычи угля.

Инструкция по дегазации угольных шахт и Правила безопасности в угольных шахтах регламентируют обязательное проведение дегазации угольных пластов при превышении природной газоносности 13 м³/т с.б.м. (13) и (14).

В странах с более развитой угольной промышленностью в целях обеспечения безопасных условий труда данный порог уже снижен до 9 м³/т с.б.м.

В связи с многочисленными взрывами на угольных шахтах данный вопрос уже рассматривается и в РФ, но пока всё остается без изменений. Разработан план поэтапного снижения данного порога до 9 м³/т с.б.м. что неизбежно приведёт к необходимости проведения заблаговременной дегазации участков с природной газоносностью $13-30$ м³/т с.б.м., на выполнение которой, к сожалению, требуются не один год и существенные затраты на создание сети дегазационных скважин.

Согласно методических рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, на угольных месторождениях (10) в части изучения природной газоносности по площади и глубине должны быть изучены геотермический градиент, газовая зональность и газоносность перекрывающей и продуктивной толщи. Объем и методики этих исследований определяются конкретными геологическими и горногеологическими особенностями месторождения в соответствии с методическими рекомендациями. Как правило, проведение специальных исследований при проведении геологоразведочных работ регламентируется геологическим заданием, но в связи со сложившимся приоритетом в части разведки запасов угля, изучение природной газоносности сводится к определению состава газов, природной газоносности и градиента нарастания природной газоносности с глубиной. В связи с чем, возникает ряд проблем связанных с изучением природной газоносности угольных пластов и других параметров.

Первая проблема заключается в следующем. При проектировании разведанного месторождения и рассмотрении необходимости производства заблаговременной дегазации метанугольных месторождений, проектировщики сталкиваются с отсутствием необходимых для расчётов показателей. Так как природная газоносность нарастает с глубиной, для того чтобы их получить необходимые данные потребуются пробурить несколько самых глубоких на месторождении скважин с целью изучения следующих параметров: проницае-

мости, забойного давления, пластового давления, объема и давления Ленгмюра, сорбционных свойств, пористости кливажа, полудлины трещины. А так же необходимо проведение изотермического теста для оценки газонасыщенности, диаграммы каротажа на кабеле для определения проницаемости и геомеханический тест для проведения гирорасчленения пласта, проведение дифракционного рентгеновского анализа для определения состава глин и анализа механизмов повреждения угольного коллектора. Но определение данных параметров необходимо регламентировать геологическим заданием на производство геолого-разведочных работ, так как нормативные документы не предусматривают обязательного их изучения. В связи с тем, что в России скептическое отношение к учёту и добыче метана как самостоятельного полезного ископаемого, проведение данных исследований в геологическое задание не закладывается. В дальнейшем это приводит к организации разведочных работ с целью изучения природной газонасыщенности месторождения и получения необходимых для проектирования данных.

Вторая проблема, это отсутствие возможности проведения полного комплекса необходимых исследований, так как в Кузбассе осталась только одна сертифицированная лаборатория, которая не оснащена оборудованием для проведения полного комплекса исследования для определения природной газонасыщенности, в связи с отсутствием заказов на проведение данных исследований при проведении разведочных работ в предыдущих годах.

Из второй проблемы следует следующая – третья. Отсутствие возможности проведения внешнего контроля проб. Так как ЗАО «Метан Кузбасса», является монополистом в части изучения природной газонасыщенности в пределах Кузнецкого бассейна, и не смотря на это на данный момент не производит полного комплекса работ по изучению природной газонасыщенности, то искать лаборатории придётся в таких странах как Америка, Китай и Австралия.

Четвёртая проблема. При допуске определения природной газонасыщенности с точностью $5 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м. и погрешности определения 30 %, и критерия установленного правилами безопасности ведения горных работ на угольных шахтах для обязательного проведения предварительной дегазации угольных пластов при природной газонасыщенности $13 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м., такая погрешность может привести к очень сложной ситуации при работе как очистного забоя, так и проходческого при отработке месторождения.

Если природная газонасыщенность к примеру фактически окажется $18 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м., то без заложенных при проектировании необходимых методов дегазации отработка данного участка окажется крайне не безопасной, так как забой лавы и оконтуривающие выработки будут постоянно загазовываться метаном выделяющимся из угольного пласта и

горной и отбитой горной массы. Это приводит к остановке ведения горных работ с целью обеспечения безопасности трудящихся, по средствам проведения текущей, предварительной дегазации. На производство предварительной дегазации очистного забоя требуется не менее полугода (13).

На сегодняшний день имеется ряд разработок по обеспечению безопасной отработки высокогазонасыщенных угольных месторождений. Основной причиной экономической неэффективности производства является низкая проницаемость пластов и отсутствие микротрещиноватости, которая могла бы соединить природные трещины в единую дренажную сеть.

Не смотря на это в России уже появились компании успешно занимающиеся энергетическими проблемами и технологическими разработками. Их работы отмечены высокими наградами США в 2013 г. на конференции Total Energy USA, что говорит о том, что инновационные российские разработки по целому ряду показателей – результативности, экономичности, экологической безупречности – превосходят известные зарубежные аналоги (15) (16) (17).

Одним из изучаемых методов дегазации является заблаговременная дегазация угольных пластов до начала ведения работ по добыче угля на месторождении, добываемый при данном виде дегазации газ можно использовать в первую очередь на нужды самого предприятия, так как его транспортировка существенно увеличивает его себестоимость. Разработаны различные методы воздействия на пласт с целью увеличения газоотдачи и дебита промысловых скважин, но по ряду вышеизложенных причин, а так же отсутствием не оспоримого опыта проведения заблаговременной дегазации угольных пластов Кузбасса, необходимостью как минимум 3–5 лет для организации проекта заблаговременной дегазации, а так же большими сомнениями в части влияния на загрязнение окружающей среды и другими причинами связанными с вопросами ценообразования и политики, внедрение заблаговременной дегазации идёт по большей степени на уровне разговоров. Но следует в очередной раз отметить, что добыча угля на больших глубинах с применением высокопроизводительного добычного оборудования без применения заблаговременной дегазации будет практически невозможна. Поэтому научно исследовательские институты активно занимаются поиском решения данной проблемы и имеются такие предложения как системы ВАГИДЕЗ и ЛАВОПОР (18).

Выполненными ВНИМИ исследованиями установлено что, при ведении горных работ на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях в качестве одного из наиболее эффективных мероприятий по предупреждению горных ударов могут применяться технологии, используемые в нефтяной и газовой

промышленности и позволяющие воздействовать на массив горных пород на больших площадях.

В качестве одного из технических решений, позволяющих управлять напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на больших площадях, предлагается апробированная на угольных и нефтегазоконденсатных месторождениях России волновая акустическая геотехнология интенсификации дебита эксплуатационных скважин (ВАГИДЭС). Технология ВАГИДЭС позволяет управлять состоянием массива как через скважины, пробуренные с поверхности, так и из подземных горных выработок угольных или рудных шахт. Локальным вариантом этой технологии является технология ЛАВОПОР (локальное акустическое возбуждение горных пород).

С помощью волнового акустического воздействия можно добиться изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород, поскольку система «скважина–пласт», «скважина – горная порода» является резонансной.

Технологии ВАГИДЭС и ЛАВОПОР являются уникальными и позволяют заблаговременно провести дегазацию массива или его разгрузку от повышенных напряжений, т. е. привести в безопасное состояние массив горных пород на значительных площадях – до 200 тыс. м² (R~500 м) через скважины с поверхности.

Принцип работы заключается в следующем: возбуждая в пласте на заданном удалении от скважины упругие волны напряжений, амплитуда которых превышает предельные напряжения сжатия или предельные напряжения упругости, или ведя акустическое возбуждение литологического разреза в пределах упругих напряжений, в результате можно получить пространственные зоны различных его состояний или регулировать механические свойства горной породы по необходимости.

Российская компания ООО «Новас» - резидент Государственного фонда «Сколково», разработала универсальную технологию Плазменно-импульсного воздействия (ПИВ) на продуктивные пласты углеводородов на базе использования нелинейных физических процессов, которые в 70–90-х годах прошлого столетия исследовались в областях механики, акустики, термодинамики. Понимая, что плазма - это четвертое состояние вещества, был создан «Идеальный, нелинейный, широкополосный плазменно-импульсный источник направленных периодических колебаний». Он способен за счет создаваемого синергетического эффекта (диспергирование, снятие поверхностного натяжения, синхронизация динамической системы, тепломассообмен, вызванная кавитация и т.д.) значительно увеличивать проницаемость слабо дренируемых коллекторов, создавая аномальную сеть микротрещиноватости и таким образом улучшая дренажный потенциал среды. Технология ПИВ применяется в реальных геологических

условиях, без добавок химических реагентов и относится к экологически безупречному методу.

Успешное применение технологии ПИВ на нефтяных месторождениях, стимулировало апробацию этой технологии для интенсификации притока метана из пласта на угольных месторождениях. В апреле 2013 года технология ПИВ была применена в Китае в бездействующей скважине на метаноугольном пласте, имеющим проницаемость 0,014 мД. Несмотря на ряд неблагоприятных геолого-технических факторов, с помощью технологии плазменно-импульсного воздействия удалось повысить проницаемость пласта и вызвать поступление метана в скважину.

Из Российского опыта можно отметить работу по производству заблаговременной дегазации угольных пластов на шахте имени Ленина в Карагандинском угольном бассейне, её производство позволило снизить природную газоносность на 6–9 м³/т, в процессе работ было пробурено более 150 скважин и извлечено более 80 млн. м³ метана. Эффективность дегазации составила 50 %. Научное руководство работами осуществлялось специалистами Московского государственного горного университета (19) (20).

Существенные изменения в проектировании, разработке и финансировании проектов, выборе оптимальной технологии качества и количества добываемого газа имеются в Германии. Ранее газ из нетронутых пластов в Германии не использовался из-за неблагоприятных условий его извлечения; извлечение метана из действующих шахт диктовалось необходимостью обеспечить безопасность труда шахтеров. На сегодняшний день разработаны технологии добычи и использования метановой смеси из заброшенных шахт (21).

Для совершенствования и снижения себестоимости предлагается использование геологоразведочных скважин для производства заблаговременной дегазации, для этого возможность применения геологоразведочных скважин необходимо рассматривать при составлении проекта разведочных работ с части конструкции, схемы размещения, переоборудования и консервации скважин (22).

В процессе проектирования угольных месторождений определяется последовательность отработки пластов, системы разработки и её основные параметры, определяется газообильность подготовительных выработок и выемочных участков. На основании выполненных расчётов определяются способ проветривания и необходимые способы дегазации. При проведении подготовительных выработок разгрузка массива достаточно эффективно решается производством барьерной дегазации, а вот при отработке выемочной участков с природной газоносностью угольных пластов более 13 м³/т с.б.м., применение различных способов дегазации при больших нагрузках на лаву не всегда дают желаемый результат и требуют дополнительных временных и финансовых затрат.

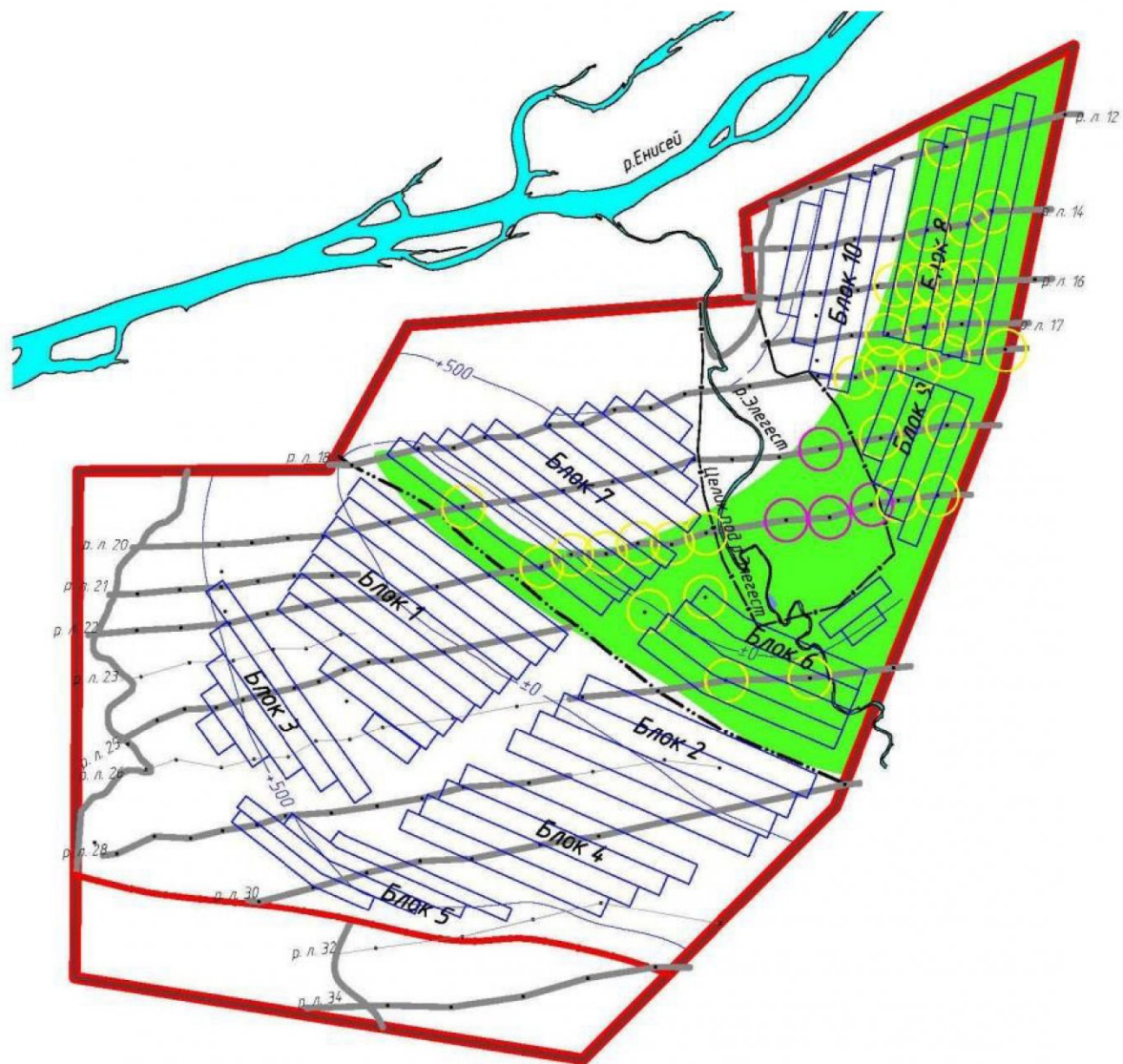


Рис. 1. Схема отработки пласта Улуг 2.2 / Fig. 1. Scheme of mining of the Ulug seam 2.2

При расчёте максимально допустимой нагрузки на очистную выработку по газовому фактору необходимо обеспечить объём добычи угля в соответствии с производственной мощностью шахты заявленной в лицензионном соглашении. На рис.1 представлена схема выемочных участков Элегатского каменноугольного месторождения с разбивкой на шахтные блоки. Горно-геологическими особенностями Элегатского месторождения является залегание угольного пласта Улуг 2.2 мощностью около 9,5 м на глубине до 900 м, вышележащие пласты 4.9 и 6.11 залегают в зоне метановыветривания, характеризуются как невыдержанные и имеют ограниченное распространение, в связи с чем как такового промышленного значения не имеют. Зелёным цветом на рис. 1 обозначен участок недр с природной газоносностью более 13 м³/т с.б.м.

Согласно принятой в проекте схеме отработки месторождения и схеме расположения геологоразведочных скважин, применение 32 геологораз-

ведочных скважин в качестве производства заблаговременной дегазации, при радиусе воздействия на угольный пласт до 250 м (обозначено желтым цветом) из рис. 1 видно, что за период отработки первых 5 блоков в течении первой пятилетки освоения месторождения, позволит дегазировать участок недр с высокой природной газоносностью.

Учитывая вышеизложенные наработки в области заблаговременной дегазации угольных пластов и геологоразведочных работ, можно говорить о возможности и необходимости максимально совмещения данных работ. Что позволит в дальнейшем обеспечить безопасную и ритмичную отработку угольных пластов без простоев по газовому фактору, сократить затраты на производство барьерной и предварительной дегазации при отработке участка, но и предоставит возможность добыть до 70 % метана, ресурсы которого на данном участке составляют около 3 млрд. м³.

Особого внимания требует вопрос рассмотрения возможности добычи метана из целиков под

реки и объекты поверхности. В связи с тем, что запасы и ресурсы метана в угольных пластах представляющие промышленный интерес находятся на большой глубине (400 и более метров) в сорбированном состоянии и под большим давлением, следует предположить, что при добыче метана в зоне целиков, существенных провалов, которые образуются в результате добычи угля с полным обрушением кровли, формироваться не будет. Как видно из рис. 1, четыре геологоразведочные скважины могли бы быть использованы в качестве добычи метана на технологические нужды предприятия (радиус воздействия обозначен розовым цветом). Количество ресурсов метана с целике под р. Элегест составляет 52 млн. м³.

Следует отметить, что к отработке наиболее экономичным открытым способом добычи угля можно добыть лишь 20 % из числящихся на государственном балансе запасов каменного угля. Следовательно, более тщательное изучение природной газоносности при производстве разведочных работ могло бы предоставить возможность проектным организациям своевременно и без до-

полнительных затрат получить исходные данные для выполнения проекта заблаговременной дегазации. А так же, переоборудовать и использовать разведочные скважины в схеме размещения дегазационных скважин для воздействия на угольный пласт с целью увеличения эффективности заблаговременной дегазации.

Заключение

Из вышесказанного можно сделать вывод, что для дальнейшего развития проектирования добычи метана как отдельного вида полезного ископаемого в промышленных масштабах, требуется в первую очередь совершенствование инструкций по определению природной газоносности при производстве разведочных работ, увеличения требований к объёму и качеству проводимых исследований природной газоносности метаноугольных месторождений, совершенствовать техническое оснащение лабораторий. Комплексный подход к изучению природной газоносности позволит произвести формирование государственного баланса запасов метана в угольных пластах и обеспечит более рациональное использование недр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vasyuchkov Yu. Unconventional mining technologies for clean and efficient power generation / Vorobjev B., Vasyuchkov K. // *Mining Engineering*. – 1998. – April. – P. 65–69.
2. Зоря А.Ю. Новые возможности / Крейнин Е.В., Лазаренко С.Н. // *Уголь Кузбасса*. – 2009. – № 4. – С. 74–77.
3. Workshop Agenda. Coalbed Methane open-hole Cavity Completion Workshop// Radisson Hotel Denver. - Colorado, 1993. April, -25 с.
4. Logan T.L., Mavor M.J. Optimizing and Evaluation of Open-Hole Cavity Completion Techniques for Coal Gas Wells. Birmingham-Jefferson Civic Center // TerraTek. – 1993. The University of Alabama/ Tuscaloosa. – May. С.17-21.
5. Mavor M.J., Robinson J.R. Analysis of Coal Gas Reservoir interference and Cavity Well Tests // Paper SPE 25860 to be presented at the 1993 Joint Rocky Mountain Regional and Low Permeability Reservoirs Symposium to be in Denver. –Colorado, 1993. April. pp.60.
6. ПАО «Газпром» [Электронный ресурс] : [официальный сайт] // 2003-2015. – Режим доступа: URL:<http://www.gazprom.ru/about/production/extraction/metan/>, свободный. - О перспективах добычи в России угольного газа (Дата обращения 20.11.2015).
7. Методическое руководство по оценке ресурсов углеводородных газов угольных месторождений как попутного полезного ископаемого. – М. : Изд-во Мингео СССР, 1988.
8. Методика определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах. – М.: Изд-во Недр, 1988.
9. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. – М. : Изд-во Недр, 1977. 96 с.
10. Методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. Утв. МПР России от 5.06.2007 г. № 37-р. / под ред. – М.: Изд-во ФГУ ГКЗ, 2007. – 34 с.
11. Временная классификация запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов. Утв. приказом МПР России от 07.02.2001 г. № 126.
12. Хрюкин В.Т. Прогноз газоносности угленосных отложений Кузнецкого бассейна с целью совершенствования методики ее изучения при геологоразведочных работах и повышении достоверности прогнозных оценок на глубоких горизонтах шахт / Зимаков Б. М., Натурова В.Г. и др. // Тр. «Кузбассуглеразведка», МГРИ, ИПКОН АН СССР, ГГП «Запсибгеология : Фонды КемКПР, 1991 г.
13. Инструкция по дегазации угольных шахт. Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ. Приказ № 679 от 01.12.2011 г.
14. Правила безопасности в угольных шахтах. Утв. приказом Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550.

15. Агеев П.Г., Инновационная российская нанотехнология дает вторую жизнь бездействующим нефтяным и метаноугольным скважинам в США, Китае и России / Стрельченко В.В., Агеев Н.П. // Недрапользование. – 2014. – № 1. – С. 26–31.
16. ООО «Новас» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://novas-energy.ru/content/articles/index.php?article=3315>, свободный. – Бездействующие скважины и метаноугольные пласты – объекты применения инновационной российской технологии в США и Китае. (Дата обращения 20.11.2015) г.
17. Агеев П.Г. Интенсификация потока метана из угольных пластов методом плазменно-импульсного воздействия / Агеев П.Г., Стрельченко В.В. Казанцев О.Е. // Газовая промышленность. – 2013. – Сентябрь. – № 696. – С. 95–98.
18. Верниго В.М., Кульчицкий В.Б. Предупреждение горных ударов и внезапных выбросов в горнодобывающей промышленности // Горная Промышленность. – 2006. – № 4. – С. 6–7.
19. Сластунов С. В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений. – М.: Издательство МГГУ, 1996. – 441 с.
20. Пучков Л. А. Проблемы реализации концепции метанобезопасности на угольных шахтах России / Пучков Л. А., Сластунов С. В., Коликов К. С. // Уголь. – 2009. – №1. – С. 28–30.
21. Willenbrink V. CBM Review: degassing development // World Coal. – 2003. – Т. 12. – № 3. – С. 51–54.
22. Шубина Е.А. Проведение заблаговременной дегазации угольных пластов с использованием геологоразведочных скважин / Шубина Е.А., Брылин В.И., Лукьянов В.Г. // Известия Томского политехнического университета. . – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 167–173 г. стр. с. 167-173.

REFERENCES

1. Vasyuchkov Yu., Vorobjev B., Vasyuchkov K. Unconventional mining technologies for clean and efficient power generation // Mining Engineering. – 1998. – April. – S. 65–69.
2. Zorya A.Yu. Novye vozmozhnosti/ Kreynin E.V., Lazarenko S.N. [New possibilities]. Ugol Kuzbassa, 2009, no. 4, ss.74–77.
3. Workshop Agenda. Coalbed Methane open-hole Cavity Completion Workshop. Radisson Hotel Denver. Colorado, 1993, April, p. 25.
4. Logan T.L., Mavor M.J. Optimizing and Evaluation of Open-Hole Cavity Completion Techniques for Coal Gas Wells. Birmingham-Jefferson Civic Center. TerraTek. The University of Alabama. Tuscaloosa, 1993, May, pp. 17-21.
5. Mavor M.J., Robinson J.R. Analysis of Coal Gas Reservoir interference and Cavity Well Tests. Paper SPE 25860 to be presented at the 1993 Joint Rocky Mountain Regional and Low Permeability Reservoirs Symposium to be in Denver. –Colorado, 1993, April; pp.60.
6. PAO «Gazprom» [Elektronnyy resurs] : [ofic. sayt] // 2003-2015. – Rezhim dostupa: URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/extraction/metan/>, svobodnyy. - O perspektivakh dobychi v Rossii ugolnogo gaza [On the prospects of mining in Russia coal gas] (Data obrashsheniya 20.11.2015).
7. Metodicheskoe rukovodstvo po otsenke resursov uglevodorodnykh gazov ugolnykh mestorozhdeniy kak poputnogo poleznogo iskopaemogo. – М. : Izd-vo Mingeo SSSR, 1988.
8. Metodika opredeleniya gazonosnosti vmeshshaushshikh porod ugolnykh mestorozhdeniy pri geologorazvedochnykh rabotakh. – М.: Izd-vo Nedra, 1988.
9. Instruksiya po opredeleniyu i prognozu gazonosnosti ugolnykh plastov i vmeshshaushshikh porod pri geologorazvedochnykh rabotakh. – М. : Izd-vo Nedra, 1977. 96 s.
10. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu klassifikatsii zapasov mestorozhdeniy i prognoznykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Ugli i goryuchie slantsy [Methodical recommendations on application of Classification of stocks of fields and expected resources of firm minerals. Coals and combustible slates]. Utv. MPR Rossii ot 05.06.2007 g. № 37-r. Eds. Moscow, FGU GKZ Publ., 2007. 34 s.
11. Vremennaya klassifikatsiya zapasov mestorozhdeniy, perspektivnykh i prognoznkh resursov nefi i goryuchikh gazov [Temporary classification of deposit reserves, perspective and expected resources of oil and combustible gases]. Utv. prikazom MPR Rossii ot 07.02.2001, no. 126.
12. Khryukin V.T. Prognoz gazonosnosti ughlenosnykh otlozheniy Kuznetskogo basseyna s tselyu sovershenstvovaniya metodiki ee izucheniya pri geologorazvedochnykh rabotah i povyshenii dostovernosti prognoznykh otsenok na glubokikh gorizontakh shakht [The forecast of gas content of carboniferous deposits of the Kuznetsk basin for the purpose of improvement of a technique of its studying during the prospecting works and increase of reliability of projections on the deep horizons of mines] /, Zimakov B.M., Natura V.G. i dr.// Tr. «Kuzbassuglerazvedka», MGRI, IPKON AN SSSR, GGP «Zapsibgeologiya». Fondy KemKPR, 1991.
13. Instruksiya po degazatsii ugolnykh shakht [Instruction on gas drainage of coal mines]. Utv. Federalnoy sluzhboy po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru RF. Prikaz ot 1.12. 2011, no. 679

14. Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh [Safety rules for coal mines]. Utv. prikazom Rostekhnadzora ot 19.11.2013 no. 550.
15. Ageev P.G. Innovatsionnaya rossiyskaya nanotekhnologiya daet vtoruyu zhizn bezdeystvuyushchim neftyanym i metanougolnym skvazhinam v SShA, Kitae i Rossii [Innovative Russian nanotechnology gives the second life to dormant oil and coalbed methane wells in the United States, China and Russia]/ Strelchenko V.V., Ageev N.P.// Nedropolzovanie, 2014, no. 1, ss. 26–31.
16. ООО «Novas» [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: URL: <http://novas-energy.ru/content/articles/index.php?article=3315>, svobodnyy. – Bezdeystvuyushchie skvazhiny i metanougolnye plasty – obekty primeneniya innovatsionnoy rossiyskoy tekhnologii v USA i China [Idle wells and CBM formations – the objects of application of innovative technologies in the USA and China] (Data obrashsheniya 20.11.2015)
17. Ageev P.G. Intensifikatsiya potoka metana iz ugolnykh plastov metodom plazmenno-impulsnogo vozdeystviya[Intensification of methane flow from coal seams by plasma-pulse action]/Strelchenko V.V. Kazantsev O.E.// Gazovaya promyshlennost, 2013, September, no. 696, ss. 95–98.
18. Vernigo V.M., Kulchitskiy V.B. Preduprezhdenie gornykh udarov i vnezapnykh vybrosov v gornodobyvayushshey promyshlennosti [Prevention of wind blast and sudden emissions in mining industry]. Gornaya Promyshlennost, 2006, no. 4, ss. 6–7.
19. Slastunov S. V. Zablagovremennaya degazatsiya i dobycha metana iz ugolnykh mestorozhdeniy [Preliminary degasification and methane extraction from coal deposits]. – M.: Izdatelstvo MGGU, 1996, s. 441.
20. Puchkov L.A. Problemy realizatsii kontseptsii metanobezopasnosti na ugolnykh shakhtakh Rossii[Problems of implementation of the concept of a methane safety on coal mines of Russia] / Slastunov S.V., Kolikov K.S. Ugol, 2009, no. 1, ss. 5–9.
21. Willenbrink B. CBM Review: degassing development. World Coal, 2003, vol. 12, no. 3, pp. 51–54.
22. Shubina E.A. Provedenie zablagovremennoy degazatsii ugolnykh plastov s ispolzovaniem geologorazvedochnykh skvazhin [Design of geological exploration considering multifunctional use of wells to reduce natural gas content of coal beds]/ Brylin V.I., Lukyanov V.G.// Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, 2008, vol. 324, no. 1, ss. 167–173.

Поступило в редакцию 15.02.2016
Received 15 February 2016