

В.В. Лукинов, О.С. Торопчин, Д.П. Гуня,
Н.Э. Капланец, С.В. Радованов
(ИГТМ НАН Украины, Минтопэнерго
Украины, АП шахта им. А.Ф. Засядько,
Госнадзорохрантруда Украины,
Госкомприродресурсы)

ПРОБЛЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ДЕГАЗАЦИИ НА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Розглянуто проблеми попередньої, поточної і постексплуатаційної дегазації вугільно-породного масиву свердловинами, пробуреними з поверхні. Показано роль гірничо-геологічних і геомеханічних факторів у формуванні природних і техногенних скупчень метану на вугільних родовищах.

PROBLEMS OF SUPERFICIAL DEGASSING ON THE COAL DEPOSITS

The problems preliminary, current and post exploitation degassing of coal and rock massif by chinks, which were drilled from a surface are considered. The role of the mining-geological and geomechanical factors in formation natural and technic generative of methane congestions on coal deposits is shown.

Дегазация скважинами, пробуренными с поверхности, применяется как дополнительная мера, когда подземная дегазация не обеспечивает требуемого эффекта или когда утилизация каптированного ими метана окупает затраты на сооружение скважин.

В Украине, Руководством по дегазации угольных шахт предусматривается текущая дегазация углепородного массива скважинами, пробуренными с поверхности для дегазации подрабатываемых пологих и наклонных пластов, а также выработанного пространства. Определен порядок проведения данных работ. Дегазацию выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности, рекомендуется применять при глубине работ до 600 м в условиях, когда сооружение скважины обходится дешевле, чем сооружение подземной системы дегазации выработанного пространства. В настоящее время большинство шахт сверхкатегорийных по метану работает на глубинах 1000 и более метров. На ряде шахт поверхностная дегазация применяется как дополнительная мера к текущей дегазации, осуществляемой подземными дегазационными скважинами. Поверхностные дегазационные скважины (ПДС), по западной терминологии - Gob-Wells, бурятся на подрабатываемый углепородный массив.

За рубежом ПДС применяют не только для текущей, но и для предварительной и постэксплуатационной дегазации.

Технология предварительной дегазации углепородного массива, основанная на применении гидроразрыва угольных пластов с последующим закреплением трещин, была разработана в США и применяется на американских угольных шахтах. Технология эта дорогостоящая и пока не нашла широкого применения на шахтах других стран мира. В Украине, в настоящее время, проводятся экспериментальные работы по адаптации и проверке эффективности применения

технологии гидроразрыва для предварительной дегазации углепородного массива.

Известно, что при бурении разведочных скважин на нетронутый массив происходят выбросы газа, что указывает на наличие благоприятных геологических условий, способствующих скоплению свободного газа как в угольных пластах, так и во вмещающих породах. В этой связи, представляется весьма важным еще на стадии геологоразведочных работ устанавливать зоны скопления свободного метана в пределах шахтного поля, что позволит более рационально осуществлять предварительную дегазацию углепородного массива, в том числе с применением гидроразрыва. Зная местоположения зон и параметры напряженно-деформированного состояния горного массива, можно рационально располагать скважины гидроразрыва, оптимально сочетая эти две технологии предварительной дегазации.

Чтобы повысить эффективность дегазации скважинами, пробуренными с поверхности, необходимо выполнить геологическую оценку, позволяющую выделять участки, благоприятные для скопления свободного метана, из которых в дальнейшем, при ведении горных работ, он может проникать в горные выработки шахты.

Одним из главных факторов формирования залежи газа является разделение в коллекторе газа и воды, что приводит к образованию газо-водяного контакта в пределах залежи. Песчаники Донбасса, ввиду низкой проницаемости, представляют собой коллекторы с рассеянным газо-водяным контактом – коллектор, в котором каждая пора имеет свой газо-водяной контакт. Для того чтобы сформировалась залежь или скопление свободного метана, между порами должна быть связь, обеспечивающая свободный переток флюида и, как следствие, его разделение на газ и воду в пределах коллектора - формирование газо-водяного контакта в коллекторе. Образование скоплений свободного метана может быть обусловлено как природными, так и техногенными факторами. К природным факторам следует отнести генетический тип песчаника, степень его катагенетических преобразований, тектонические условия и глубину залегания. Природные скопления газа приурочены, как правило, к районам распространения слабо метаморфизованных углей, где песчаники характеризуются высокими значениями открытой пористости. Они содержат большое количество метана, но из-за низкой газопроницаемости, их предварительная дегазация затруднительна. Скопления газа могут формироваться на участках, где породы изогнуты в антиклинальные локальные складки, что обусловило в них развитие трещиноватости и, как следствие, повышенную газопроницаемость.

Ресурсный по метану потенциал песчаников связан с местами, на которых формирование слоев песчаника происходило в условиях стрессовых участков палеопотоков, обусловивших повышенный гранулометрический состав, повышенную пористость, пониженную глинистость и влажность песчаников. Места пересечения стрессовых участков палеопотоков и положительных локальных структур являются максимально благоприятными для скопления газа. Повышенное поступление метана в горные выработки шахты «Юбилейная», которые привели к взрыву газа, произошли именно в таком месте. Для выделения таких

участков, которые являются потенциальными источниками поступления метана в шахту, целесообразно строить карты локальных структур и палеопотоков песчаников, методики построения которых разработаны в ИГТМ НАН Украины.

К техногенным факторам следует отнести геодинамические процессы, происходящих в горном массиве при разработке угольного пласта. После выемки угля происходит обрушение ложной кровли, слои непосредственной кровли прогибаются, расслаиваются, в них возникают секущие трещины, приводящие к образованию блоков, которые также обрушаются, заполняя выработанное пространство и создавая подпор вышележащим породам основной кровли. Основная кровля прогибается, в ней формируются трещины расслоения и отдельные секущие трещины, которые создают благоприятные условия для перетоков метана как в направлении напластования, так и – вкрест напластованию. Выше расположены породы, прогиб которых не вызывает зарождения секущих трещин и здесь образуется зона аккумуляции метана. В песчаниках, расположенных в этой зоне, происходит разделение флюида на газ и воду, формирование газо-водяного контакта и техногенного скопления метана. Процесс аккумуляции метана и формирование техногенного скопления метана усиливается при наличии благоприятных геологических факторов – локальных антиклинальных складок, стрессовых участков палеопотоков, тектонически нарушенных зон.

В большинстве районов Донбасса породы характеризуются пологим или наклонным моноклинальным залеганием, в центральных районах – крутым моноклинальным, а газо-водяной контакт формирующийся под действием гравитационных сил, стремится к горизонтальному положению. В образующихся техногенных скоплениях его положение определяет фактор времени. В начальный период подработки, когда в каждом элементе горного массива, представленном в виде вертикально расположенного цилиндра из песчаника, формируется горизонтальный газо-водяной контакт, а в целом, в подработанном песчанике, в наклонный.

ПДС для текущей дегазации бурятся таким образом, чтобы их газоприемная часть пересекала образовавшиеся зоны пород с повышенной трещиноватостью и проницаемостью. Проблема текущей дегазации – низкая эффективность работы ПДС. Одной из причин низкой эффективности работы ПДС является большая начальная депрессия, которая разрушает призабойную часть породно-угольного коллектора, тем самым ухудшая его фильтрационные характеристики для газа. Вода же, заполняя трещины, усиливает эффект запечатывания газа, который остается в подработанном углепородном массиве, частично медленно дренируя в горные выработки. Необходимо отработать режимы эксплуатации этих скважин, обратив особое внимание на водопритоки, которые заливая скважину, сокращают срок её эксплуатации, на вынос пыли, которая забивает скважины.

Постэксплуатационная дегазация широко применяется в США, Германии, Великобритании, Японии, где извлекаемый из старых горных выработок метан утилизируется и используется для выработки электроэнергии и тепла. В последние годы такие работы проводятся в Индии и Китае. В Украине работы по

дегазации отработанных участков действующих и закрытых шахт выполняются только в случаях выхода метана на поверхность. В некоторых случаях к постэксплуатационной дегазации можно отнести долговременно работающие ПДС. Однако, до настоящего времени не разработана методика оценки извлекаемых запасов метана из разгруженного горными выработками массива, не разработаны методы освоения техногенных скоплений метана, включая режимы работы ПДС, учитывающие горно-геологические и геомеханические характеристики разгруженного от горного давления массива. Особого внимания требует вопрос оценки водопритоков в скважины в период постэксплуатационной дегазации.

В аспекте решения проблем постэксплуатационной дегазации в ИГТМ НАН Украины разработаны некоторые положения по расчету параметров зон аккумуляции техногенного метана. Если в процессе текущей дегазации свободный метан (находящийся в порово-трещинном пространстве песчаников и десорбированный из разгруженных угольных пластов и прослоев) извлекается ПДС из зоны активной трещиноватости пород, то в период постэксплуатационной дегазации извлекается метан, находящийся в зоне аккумуляции. Расстояние верхней границы этой зоны до отработанного пласта с достаточной точностью можно определить из следующего выражения [1]:

$$L_a = C_a m_{omp} \varepsilon_{n.p.} \cdot \Delta K_\alpha,$$

где C_a - коэффициент, учитывающий зависимость горизонтальных деформаций слоев от отношения H/m_{omp} , определяется опытным путем, для Донбасса $C_a = 0,35-0,45$ (H – глубина разработки); m_{omp} – вынимаемая мощность пласта, м; $\varepsilon_{n.p.}$ - предельные относительные деформации растяжения, при которых горные породы начинают терять сплошность и в них начинают появляться трещины; ΔK_α - поправочный коэффициент, учитывающий влияние угла падения пород α на развитие деформации толщи.

Важнейшими геомеханическими и физическими параметрами гетерогенного массива являются его коллекторские показатели. Наличие открытых, сообщающихся между собой пор и трещин различных размеров, то есть общая интегральная пустотность массива [2], а также состояние и свойства флюида, которым заполнены пустоты, определяют содержание метана в массиве, его количество и состояние.

Интегральная эффективная пустотность зоны аккумуляции техногенного метана выражается через ее коэффициент $k_{и.э.п.}$, который складывается из средневзвешенного коэффициента эффективной пористости рассматриваемой зоны $k_{ср.э.п.}$ и коэффициента эффективной трещинной пустотности $k_{э.т.}$.

$$k_{и.э.п.} = k_{ср.э.п.} + k_{э.т.}$$

$$k_{ср.э.п.} = \frac{\sum k_{э.п.i} \cdot m_i}{\sum m_i}$$

где $k_{э.п.i}$, m_i – коэффициент эффективной пористости и мощность i -го слоя пород, из которых сложена зона аккумуляции метана.

Коэффициент эффективной трещинной пустотности массива пород в зоне разуплотнения будет прямопропорционален вынимаемой мощности пласта и обратно пропорционален расстоянию от отработанного пласта до исследуемой зоны [2].

Наряду с пористостью и трещиноватостью пород зоны аккумуляции техногенного метана важным параметром ее коллекторских свойств является давление газа, которое определяет сорбционные свойства углей и количество свободного метана, то есть газонасыщенность. Если давление газа в нетронутом горными работами углепородном $P_{пл}$ по многочисленным замерам составляет 80 % гидростатического [3], $P_{пл} = 0,008 \cdot \rho_в \cdot H$, где $P_{пл}$ – давление в МПа; $\rho_в$ – плотность воды, равная 1 т/м^3 ; H – глубина залегания исследуемого газоносного слоя или пласта, м, то после подработки и увеличения интегральной эффективной пустотности горных пород, в каждой зоне разуплотнения можно определить усредненное значение техногенного давления газа, как P_T :

$$P_T = \frac{0,008 \cdot \rho_в \cdot H_i \cdot k_{ср.э.п.}}{k_{и.э.п.}}$$

Глубина H в формуле принимается равной глубине расположения срединной мощности исследуемой зоны разуплотнения.

Полученные зависимости позволяют определить координаты заложения ПДС для постэксплуатационной дегазации, сделать прогнозную оценку запасов метана в зоне его аккумуляции, объемов его извлечения и дебитов скважин.

Таким образом, проблема поверхностной дегазации угольных месторождений может быть решена путем внедрения предварительной, текущей и постэксплуатационной дегазации. Каждый из этих видов дегазации должен базироваться на детальной геолого-геомеханической оценке скоплений метана в природных и техногенных коллекторах, расчете оптимальных режимов работы ПДС, прогнозных расчетах извлекаемых запасов метана и газодинамических характеристик источников поступления метана. Решение проблем поверхностной дегазации актуально с позиций обеспечения безопасности ведения горных работ, улучшения экологической обстановки в регионе и промышленной добычи метана, как ценного энергоносителя. Оно неразрывно связано с задачами комплексного освоения газугольных месторождений - разработкой методов прогноза местоположения и объемов скоплений свободного метана в подработанном и не подработанном углепородном массиве, а также методов освоения, способов и режимов эксплуатации ПДС, учитывающих этап освоения месторождения, горно-геологические условия залегания и отработки угольных пластов, газодинамические характеристики горного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иофис М.А., Шмелев А.И. Инженерная геомеханика при подземных разработках. – М.: Недра, 1985. 248 с.
2. Лукинов В.В., Клец А.П., Бобрышев В.В., Гуня Д.П., Капланец Н.Э., Фичев В.В. Фильтрационные параметры коллектора – углеородного массива, подработанного горными выработками. /сб. научн. трудов ИГТМ НАНУ, «Геотехническая механика», вып. 37, 2002, с. 74-79.
3. Геологические факторы выбросоопасности пород Донбасса. /В.Е. Забигайло, А.З. Широков, И.С. Белый и др. – Киев: Наукова думка, 1974. – 270 с.