

А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, Е.Л. Звягильский,
В.С. Грязнов, В.Г. Ильющенко, В.В. Бобрышев

**ДЕГАЗАЦИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА НА ШАХТЕ ИМ.
А.Ф. ЗАСЯДЬКО СКВАЖИНАМИ, ПРОБУРЕННЫМИ
С ПОВЕРХНОСТИ.**

Розглянуто геолого-механічні моделі формування зон скуплення метану у вуглепородному масиві. Визначені основні напрямки розвитку робіт з дегазації вуглепородного масиву свердловинами, які пробурено з поверхні.

**DEGASSING OF COAL-ROCK MASSIVE ON THE MINE NAMED OF A.F.
ZASYADKO WITH THE WELLS DRILLED FROM THE SURFACE.**

Considered geological-geomechanical models of the methane accumulation zones in the coal-rock massive/ defined the principal directions of the coal-rock massive degassing works development with the wells drilled from the surface.

В настоящее время работы по дегазации углепородного массива на шахте им. А.Ф. Засядько включают подземную (скважины, пробуренные из горных выработок) и наземную (скважины, пробуренные с поверхности) составляющие. На шахте накоплен большой опыт извлечения метана из опережающих дегазационных скважин, пробуренных с поверхности на подрабатываемый горный массив, которые в начале своей работы осуществляют текущую дегазацию, а в дальнейшем способствуют дегазации выработанного пространства (включая подработанный и надработанный углепородные массивы).

Развитие работ по дегазации углепородного массива скважинами, пробуренными с поверхности должно проводится по трем направлениям – предварительной, текущей и постэксплуатационной дегазации, с целью повышения безопасности ведения горных работ, улучшения экологической обстановки, получения высококалорийного энергоносителя.

Предварительная дегазация углепородного массива осуществляется скважинами, пробуренными на нетронутый горными работами массив, для извлечения и утилизации метана из предназначенных к отработке угольных пластов и залегающих в непосредственной близости к ним песчаников для снижения поступления метана в горные выработки, которые будут пройдены в последующие этапы освоения месторождения.

Текущая дегазация углепородного массива проводится опережающими скважинами пробуренными на подрабатываемый углепородный массив, для извлечения и утилизации метана из подрабатываемого углепородного массива с целью предотвращения попадания метана в выработанное пространство, прилегающее к лаве отработываемого пласта, и снижения метанообильности шахты.

Постэксплуатационная дегазация углепородного массива скважинами, пробуренными на старые горные выработки и восстановленными старыми дегазационными скважинами, для извлечения и утилизации метана из подработанного и надработанного углепородного массива с целью снижения поступления

метана в горные выработки шахты, и, в конечном итоге, снижения общей метанообильности шахты.

Предварительный анализ результатов работы дегазационных скважин с поверхности на подрабатываемый горный массив, базирующийся на шахтных данных (табл. 1, табл. 2), позволяет получить лишь общую картину о состоянии работ по дегазации подрабатываемого массива скважинами, пробуренными с поверхности. Он не включает рассмотрение геологических, геомеханических, технических и газодинамических аспектов работы скважин, однако может послужить основой более детального анализа. Обобщенные сведения о работе дегазационных скважин, пробуренных с поверхности, приводятся в табл. 3.

Таблица 1 - Сведения о работе дегазационных скважин, пробуренных с поверхности на углепородный массив, подработанный горными выработками по пласту m_3

с	№ скв.	Глубина, м	Добыто метана, млн. m^3	Средне-суточный дебит, тыс. m^3	Пласт	Кол-во суток работы	Примечание
1	МТ-209	990	0	0	m_3	0	Не учтены объемы мета, выброшенного в атмосферу
2	МТ-210	925	0,5	1,0	m_3	500	
3	МТ-211	1050	-	-	m_3	0	
4	МТ-213	930	0,6	0,9	m_3	562	
5	МТ-219	1060	0	0	m_3	0	
6	МТ-229	1101	1,25	1,6	m_3	791	
7	МТ-249	1100	1,6	2,7	m_3	583	
8	МТ-249	1104	0,9	2,7	m_3	329	
9	МТ-264	1040	3,9	14,7	m_3	263	
10	МТ-284	1100	4,1	3,2	m_3	1240	
11	МТ-287	1155	1,1	3,3	m_3	300	
12	МТ-286	1156	1,3	3,3	m_3	400	
13	110Т	740	2,4	5,1	m_3	466	
14	ДМ-1744	758	7,7	10,4	m_3	736	
15	МТ-303	1050	0	0	m_3	0	
16	МТ-310	1115	0	0	m_3	0	
17	МТ-317	1136	0	0	m_3	0	
18	МТ-320	1155	0,4	7,2	m_3	65	
19	Щ-1345	1170	1,2	5,6	m_3	140	
20	Щ-1347	1212	1,7	4,3	m_3	140	
21	Щ-1348	1182	0	0	m_3	0	
22	МТ-323	1227	0	0	m_3	0	
23	МТ-327	1210	1,2	2,9	m_3	420	
24	МТ-328	971	0	0	m_3	0	
25	МТ-330	1246	1,2	3,6	m_3	100	

Таблица 2 - Сведения о работе дегазационных скважин, пробуренных с поверхности на угле-породный массив, подработанный горными выработками по пласту I₁

№ пп	№ скв.	Глу-бина, м	Добыто метана, млн. м ³	Средне-суточный дебит, тыс. м ³	Пласт	Кол-во суток работы	Примечание
1	MT-251	780	0,15	1,7	I ₁	87	Не учтены объемы мета, выбро-шенного в атмо-сферу
2	MT-280	832	0	0	I ₁	0	
3	MT-279	904	1,64	0,7	I ₁	2350	
4	MT-291	900	0	0	I ₁	0	
5	DM-1899	701	0	0	I ₁	0	
6	MT-293	976	0	0	I ₁	0	
7	MT-298	893	0,65	4,3	I ₁	93	
8	MT-302	1075	0	0	I ₁	0	
9	Щ-1349	987	0	0	I ₁	0	
10	MT-283	904	0	0	I ₁	0	

Таблица 3 - Обобщенные сведения о работе дегазационных скважин, пробуренных с поверх-ности на углепородный массив, подработанный горными выработками по пластам m₃ и I₁

Показатели	По пласту m ₃		По пласту I ₁		По пластам m ₃ и I ₁	
	объем	%	объем	%	объем	%
Количество скважин	25	71	10	29	35	100
Объем бурения, м	26883	75	8952	25	35835	100
Объем извлеченного газа, млн. м ³	31,05	92,7	2,44	7,3	33,49	100
Количество эффективно работаю-щих скважин	16	64 *	3	30 *	19	54 *
Объем эффективного бурения, м		84		16		100
Средняя глубина скважин, м	17102	64 *	2577	28,8 *	19679	54,9 *
Средняя глубина эффективных скважин, м	1075	-	895	-	1024	-
Средний дебит эффективных сква-жин, тыс. м ³ /сутки	1069	-	859	-	1043	-
Средняя продолжительность рабо-ты эффективных скважин, сутки	4,72	-	2,23	-	4,3	-
Средняя добыча 1 эффек-тивной скважины, млн. м ³	440	-	843	-	503	-
Количество неэффективных сква-жин	1,94	-	0.8	-	1.76	-
Потенциальные потери газа из-за неэффективности скважин, млн. м ³	9	36	7	70	16	46
Извлекаемость 1 тыс. м ³ газа на 1 пог. м эффективной скважины	17,5	36	5.6	70**	23.1	41**
Извлекаемость 1 тыс. м ³ газа на 1 пог. м всех скважин	1,8	-	0.95	-		
	1,15	-	0.27	-		

* - в числителе приведены проценты объемов эффективного бурения от общего бурения по пласту, в знаменателе - от общего эффективного бурения по двум пластам.

** - потенциальные потери вычисляются как произведение количества неэффективных скважин на среднюю добычу 1 эффективной скважины.

Предварительный анализ показывает, что эффективность работы дегазационных скважин, подработанных лавами пласта m_3 в 2 раза выше эффективности аналогичных скважин, подработанных лавами пласта l_1 . Такая тенденция сохраняется как по количеству эффективно работающих скважин (64 % на пласт m_3 и 30 % на пласт l_1) по среднесуточному дебиту (4,7 и 2,4 тыс. m^3 в сутки, соответственно), так и по извлекаемости 1 тысячи m^3 газа на 1 пог. м эффективной скважины (1,8 и 0,95 тыс. m^3 /пог. м., соответственно).

Полученные статистические данные свидетельствуют о различном влиянии геологических и геомеханических факторов на формирование техногенных скоплений в углепородном массиве над этими пластами в период их отработки, что требует, по-видимому, различного подхода к проведению буровых работ, в частности к конструкции скважин и, особенно, к технологии освоения скважин.

Успешное развитие работ по дегазации углепородного массива коренным образом зависит от правильного выбора геолого-геомеханической модели формирования зон скопления метана в угленосной толще.

Модель должна базироваться на существующих представлениях о распределении газов в угленосных отложениях, дополняться новыми данными геофизических, геохимических, геомеханических, геологических и газодинамических исследований, проверяться экспериментальными и опытно-промышленными опробованиями и совершенствоваться с учетом получаемых результатов фактических испытаний по дегазации на скважинах, пробуренных с поверхности.

Предварительная дегазация осуществляется в ненарушенном горными работами углепородном массиве заблаговременно, с целью снижения поступления метана в горные выработки, которые будут пройдены в последующие этапы освоения месторождения.

Основные объекты - угольные пласты, в которых газ находится в основном в сорбированном состоянии и породы-коллекторы, в основном это песчаники, в которых газ находится в свободном и водорастворенном состоянии.

Проницаемость угольных пластов характеризуется сотыми и тысячными долями миллидарси, что, как показывает опыт, накопленный в США, позволяет извлекать из них газ только с применением гидроразрыва. Причем после проведения гидроразрыва необходимо закачивать в пласт закрепляющий материал (пропант или песок), который удерживает трещины в раскрытом состоянии.

Проницаемость песчаников на поле шахты колеблется от сотых до десятых долей миллидарси. Единичные измерения приближаются к I мд. Это также свидетельствует о крайне слабой фильтрации газа, однако позволяет предполагать о возможном формировании зон, в которых фильтрация газа возможна. Но и в этих зонах она будет существенно ниже фильтрации газа на газовых месторождениях. В этой связи извлечение метана из песчаников также возможно после применения гидроразрыва или других видов воздействия, интенсифицирующих газовыделение.

Основной составляющей модели формирования свободных скоплений метана в ненарушенном горными выработками углепородном массиве являются тектонические условия залегания угленосных отложений. На фоне пологого моноклиналиного залегания пород выделяются локальные синклиналиные и антиклиналиные складки, в пределах которых угли и породы максимально нарушены трещиноватостью. Этот факт благоприятен для интенсивного развития трещин в процессе гидроразрыва как по углям, так и по песчаникам. Пространственное положение складок (особенно по падению) фиксируется построением карт локальных структур, являющихся проекцией поверхности пласта (угольного или песчаника) на наклонную плоскость.

Наличие в порах песчаников влаги, в среднем 60-70 % пор заполнены влагой, существенно снижает газоемкость пород. В то же время известно, что выбросоопасные песчаники характеризуются низкими значениями содержания влаги в порах, от 10 до 30 %. На шахте имели место выбросы песчаников, что свидетельствует о возможном нахождении зон, в которых степень заполнения пор песчаника влагой будет в пределах 10-30 %. Такие зоны, как правило, приурочены к стрежневым участкам палеопотоков, формировавших песчаные толщи. Пространственное положение стрежневых участков палеопотоков фиксируется на картах относительной мощности конкретных песчаников, которые отражают отношение мощности песчаника к мощности выбранного геологического интервала, ограниченного маркирующими горизонтами известняков или углей, то есть существовавшего в четко фиксированный интервал геологического времени.

Чем больше это отношение, тем более длительный период существовал поток, приносящий обломочный песчаный материал, что обусловило большую зернистость песчаного осадка, меньшую глинистость и, как следствие, большую пористость и меньшую влажность песчаника, так как влага удерживается глинистыми частицами, обладающими большей удельной поверхностью.

Наиболее благоприятными зонами для скопления свободного метана в песчаниках будут места пересечения стрежневых участков палеопотоков с антиклиналиными локальными структурами.

В стрежневых участках палеопотоков песчаники характеризуются максимальной газоемкостью, в антиклиналиных локальных структурах формируются трещиноватые зоны, улучшающие фильтрацию газа.

Подтверждением такой модели является выброс газа в скважине ДМ-1935, который произошел на глубине 923 м из песчаника $m_4Sm_4^1$ во время её бурения на тогда еще не отработанный массив. Скважина ДМ-1935 расположена на пересечении антиклиналиной локальной складки (карта построена по кровле песчаника $m_4Sm_4^1$) и стрежневого участка палеопотока (карта относительной мощности песчаника $m_4Sm_4^1$).

Благоприятная зона для скопления свободного метана выявлена на участке «Кальмиусский рудник». Размеры локальной антиклиналиной складки здесь больше, а палеопоток слабее, чем в районе скважины ДМ-1935. Эта зона рекомендуется для первоочередного бурения скважины на предварительную дегазацию.

В проекте строительства скважины необходимо обязательно предусмотреть проведение испытаний песчаников и угольных пластов рабочей мощности (пластоиспытателем для определения давления газа, дебита газа и воды, состава газа и воды). Конструкция скважины должна быть рассчитана на проведение гидроразрыва в песчаниках, испытания которых подтвердят целесообразность их дегазации. Необходимо также предусмотреть проведение электрогидроимпульсного воздействия, с целью интенсификации газовыделения, в комплексе с мероприятиями по освоению скважины и вызову притока газа. К ним относятся: оборудование устья скважины, спуск насосно-компрессорных труб, замена глинистого раствора на воду и воздух, проведение контрольных исследований производительности скважины и замер пластовых и устьевых давлений, статических и рабочих.

Бурение и опробование этой скважины, в качестве опорной, позволит ответить на вопрос о правильности выбора модели, об эффективности методов воздействия, о возможностях и эффективности предварительной дегазации углепородных массивов. Необходимо проработать вопрос о выделении тектонически нарушенных зон, благоприятных для скопления и сохранения свободного метана. В этих условиях особое внимание должно быть уделено породам-покрышкам, обеспечивающим газупор и сохранность скоплений метана.

Текущая дегазация осуществляется путем бурения дегазационных скважин на подрабатываемый углепородный массив с целью снижения поступления метана в выработанное пространство за подвигающейся лавой и, в конечном итоге, общей метанообильности шахты.

Основной объект – разуплотненный углепородный массив над разрабатываемым угольным пластом. Метан сосредотачивается в разуплотненных породах коллекторах, а также десорбируется из частично разгруженных от горного давления угольных пропластков, в основном, в пределах III и IV зон, которые располагаются в интервале 30-80 м и 80-130 м, соответственно, и выше -- до 325 м над разрабатываемым пластом (для условий шахты им. А.Ф. Засядько).

Миграция разуплотненной зоны вверх зависит от горно-геологических условий для каждой конкретной лавы, что обуславливает эффективность работы дегазационной скважины.

На шахте накоплен огромный опыт бурения и заканчивания таких скважин, их освоения и эксплуатации, который, безусловно должен учитываться в планируемых работах.

В качестве базовой модели формирования газонасыщенных зон в подрабатываемом горными работами углепородном массиве принимается модель формирования зон разуплотнения над разрабатываемым угольным пластом. Основной зоной газонакопления считаются песчаники, угольные пласты и пропластки зоны III и частично зоны IV, которые аккумулируют освобождающийся метан, в том числе, частично из угольных пластов и песчаников зоны II (от 8 до 30 м над разрабатываемым пластом).

Количество извлекаемого метана и его дебита будут усиливаться в зависимости от положения лавы относительно вышеперечисленных геологических условий - локальной складчатости и положения стрежневых участков палеопо-

токов. Однако, эти условия не являются определяющими, они лишь усиливают или ослабляют газовыделение. Существенное влияние могут оказывать породы-покрышки, расположенные на верхней границе III или IV зоны. К таким породам-покрышкам следует относить комплекс-известняк, перекрытый аргиллитом. Известняк, как прочная порода сдерживает прогибание вышележащих слоев аргиллита, обуславливая газонепроницаемый упор на пути газа вверх. Отсутствие такого упора приводит к распространению разуплотнения в зону IV или выше, что увеличивает мощность разуплотненной зоны, но уменьшает концентрацию разуплотнения. В этом случае происходит медленное и слабое истечение метана в скважину, однако более активно могут отдавать газ породы в зоне II.

Проверка модели может быть осуществлена путем построения карт распространения пород-покрышек в пределах шахтного поля и сравнения эффективности и параметров работы дегазационных скважин в различных условиях. Результаты сравнения позволят скорректировать конструкции скважин, правильно организовать их заканчивание и освоение. Главное внимание должно быть уделено исключению попадания метана в лаву при подработке дегазационной скважины и увеличению срока работы таких скважин, путем применения прочисток, промывок и продувок, а также работы с вакуумированием после окончания работы под давлением.

Постэксплуатационная дегазация должна осуществляться с целью снижения поступления метана в шахту из выработанного пространства, извлечения и утилизации метана, исключения внезапных прорывов метана в лавы из выработанного пространства и, в конечном итоге, снижения общей метанообильности шахты за счет уменьшения поступления метана в горные выработки из выработанного пространства.

Основной объект – разуплотненный углепородный массив, занимающий выработанное пространство, а также над и под ним. В зависимости от горно-геологических условий метан скапливается в разуплотненных породах занимающих выработанное пространство под избыточным давлением. В эти породы свободный метан мигрирует из зон скопления в разуплотненных породах-коллекторах, расположенных над и под ними, а также десорбируемый метан из угольных пропластков и из рассеянной органики разрыхленных алевритистых и глинистых пород непосредственной кровли отработанного угольного пласта.

В породах-коллекторах, расположенных над и под выработанным пространством, метан находится под избыточным давлением, что обуславливает его фильтрацию в разуплотненные породы, заполняющие выработанное пространство. Режим его фильтрации может быть затруднен, если происходит уплотнение пород, заполняющих выработанное пространство, обеспечивающее его изоляцию от проникновения метана, в том числе за счет попадания воды и пластификации глинистых пород.

В качестве базовой модели формирования газонасыщенных зон на отработанных участках шахтного поля принимается модель формирования зон разуплотнения над разрабатываемым угольным пластом, изложенная выше. Учитываются ранее проведенные работы по дегазации и их эффективность, удален-

ность выбранных для дегазации участков от действующих горных выработок, геолого-геомеханические условия формирования зон скопления в над и подработанном углепородном массиве, с учетом восстановления горного давления.

Наличие благоприятных для скопления свободного метана геологических условий - локальные антиклинальные складки, стрежневые участки палеопотоков в песчаниках и, главное, наличие пород-покрышек на верхней границе III и IV зон разуплотнения над отработанным угольным пластом, обуславливают возможность его накопления под избыточным давлением, что обеспечивается также накоплением воды в нижней части коллектора, изолирующей газ от его быстрого истечения в разуплотненные породы, заполняющие выработанное пространство.

Определение распространения пород-покрышек на верхних границах III и IV зон (в интервале 70-325 м над отработанным пластом) путем построения соответствующих карт позволит оконтурить участки скопления свободного метана с избыточным давлением. В случае близости места расположения скважины от действующих горных выработок бурение дегазационных скважин должно заканчиваться за 15-30 м до выработанного пространства с целью предотвращения поступления метана в горные выработки, а освоение скважины возможно только путем её полного осушения (с помощью компрессора и насосно-компрессорных труб). После эксплуатации скважины под давлением и её обводнения возможно разбурить скважину до выработанного пространства, что позволит понизить уровень воды в скважине, и дальнейшую её эксплуатацию проводить с помощью вакуумных насосов.

В случае удаленности места расположения скважины от действующих горных выработок и отсутствия пород-покрышек, скважина должна перебуривать выработанное пространство, нижняя её часть обсаживается фильтром и дегазация осуществляется с помощью вакуумных насосов.

Полный анализ геолого-геомеханических условий в сочетании с исследованием причин быстрого прекращения работы или отсутствия эффективной работы ранее пробуренных дегазационных скважин, позволит правильно организовать работы по их восстановлению. В случаях, если такой причиной является зашламование или обводнение скважин возможна их прочистка, промывка и продувка. При пережимах обсадных колонн, обусловленных сдвижением горных пород, восстановление скважин затруднительно.

На шахте накоплен опыт заканчивания скважин с расположением её активной части в зоне полных сдвижений по касательной к направлению разрушения блоков пород или к границам зоны полного сдвижения. Такое криволинейное расположение фильтрационной части колонны параллельно одной из границ полного сдвижения не выводит её из строя даже в случае разрыва в продольном направлении, благодаря скользящей незацементированной перфорированной колонны. Пережимы в данном случае могут происходить только при нарушении данной технологии в процессе бурения и заканчивания скважин.

Таким образом, развитие работ по дегазации скважинами пробуренными с поверхности предусматривается по трем направлениям: предварительной, текущей и постэксплуатационной дегазации. Реализация этих работ, с учетом

геолого-геомеханического обоснования выбора объектов и мест заложения скважин, позволит повысить безопасность работ за счет увеличения эффективной дегазации, получить дополнительный энергоноситель, сократить вредные выбросы метана в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иоффис М.А., Шмелев А.И. Инженерная геомеханика при подземных разработках. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

УДК 550.8.05:622.411.332

Лукинов В.В., Баранов В.А., Капланец Н.Э.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ГАЗОЭКРАНИРУЮЩИХ ИНТЕРВАЛОВ

Описано послідовність побудови карт інтервалів газових покришок (упорів). Приведено результати вивчення гірничо-геологічних умов шахт за допомогою таких карт.

TECHNIQUE OF CONSTRUCTION OF CARDS GAS COVERS INTERVALS

The sequence of construction of cards of intervals of gas covers (horns) is described. The outcomes of analysis of geological conditions of mines are adduced through such cards.

Актуальность добычи шахтного и угольного метана на месторождениях Донбасса не вызывает сомнения. Аналогичные угольные бассейны за рубежом разрабатываются таким образом, чтобы добывать не только уголь, но и сопутствующий ему метан. Причем газ, например в США, добывают как на отработанных шахтных площадях, так и на не отработанных.

В настоящее время известно, что каждое месторождение полезных ископаемых вообще и углегазовое, в частности, отличается своими существующими горно-геологическими условиями и добыча газа на отработанных и не отработанных площадях, также имеет свои отличия.

Согласно классическим представлениям нефтегазовой геологии, всякая газовая ловушка определяется наличием трех основных факторов: коллектора, геологической структуры и газоэкранирующей покрывки. Применительно к бассейну углегазовых месторождений, каковым является Донбасс, существенно отличающийся от традиционных газовых месторождений, указанные представления можно применить следующим образом.

Коллектор, для условий Донбасса, формируется в зоне развития стрессовой части палеопотока, поскольку эта часть характеризуется повышенными размерами породообразующих зерен, повышенными значениями пористости и повышенным содержанием сорбирующего газ цемента [1].

Геологическая структура, в условиях отложений Донбасса, может быть представлена различными типами: литологическая, тектоническая, классическая замкнутая антиклиналь, незамкнутая антиклиналь – каких, для условий рассматриваемого региона, достаточно много. Выделением структур различно-