УДК 622.81

Т.А. Василенко, Н.И. Волошина, И.Е. Кольчик, А.В. Молодецкий, А.А. Подрухин

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ В ОБЛАСТИ ВЫХОДА ПОД НАНОСЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Приведены результаты исследований динамики выделения метана на земную поверхность на территории выхода под наносы дизъюнктивного геологического нарушения в пределах горного отвода закрытой способом «сухой» консервации угольной шахты.
Ключевые слова: закрытая шахта, метан, пути миграции метана, надвиг, выработанное пространство, эмиссия метана.

Выделение шахтных газов на земную поверхность представляет собой реальную угрозу жизни и здоровью жителей. Ярким примером угольного бассейна с большими площадями подработанных городских застроек является Донбасс. Так, в г. Макеевке выделяющийся метан взорвался в подвале жилого дома через 3 года после прекращения проветривания горных выработок на ликвидируемой шахте им. С. Орджоникидзе. На закрытой шахте 7/8 им. М.И. Калинина в г. Донецке выделяющийся газ взорвался спустя 23 года после засыпки стволов. На шахте «Кременная» 20.07.97 г. в результате взрыва метана, выделяющегося по выведенной из эксплуатации вентиляционной скважине в надшахтное здание, погибло три человека. Подобные последствия выхода газа на земную поверхность за долгие годы наблюдений систематизировались с целью выделить пути, по которым метан и диоксид углерода из выработанных пространств закрытых шахт попадают в подвальные помещения. В Украинской части Донбасса отмечены [1] 38 опасных зон по выделению шахтных газов на дневную поверхность. При этом в 18 случаях каналом движения метана к поверхности была трещиноватая осушенная порода, в 8 тектонические трещины разрывных нарушений, а в 11 – погашенные или заброшенные

ISSN 0236–1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 159–166.
© 2016. Т.А. Василенко, Н.И. Волошина, И.Е. Кольчик, А.В. Молодецкий, А.А. Подрухин.

стволы, шурфы и скважины. Детальное исследование областей возможного выхода шахтных газов на земную поверхность необходимо в первую очередь для прогноза и предотвращения возможных опасных ситуаций. В рамках же развития актуального в современной экономической ситуации направления по извлечению метана в качестве альтернативного источника энергии, прогнозировать с достаточной точностью пути миграции газа из подработанного горного массива, а также определять интенсивность его выделений необходимо для уточнения объемов скопления метана в коллекторах техногенной природы.

В целом же путями миграции метана к дневной поверхности принято считать:

- пласты трещиноватых водоносных или газоводоносных пород после их осушения горными работами (песчаники, известняки) при моноклинальном залегании на расстоянии от 35 до 150 мощностей отрабатываемого пласта;
- трещиноватые породы в замковых частях антиклиналей и куполов;
- разрывные геологические нарушения, имеющие выход на дневную поверхность или под наносы;
- ликвидированные горные выработки, имевшие выход на дневную поверхность (стволы, шурфы);
- незатампонированные или некачественно затампонированные геологоразведочные скважины, пробуренные с поверхности;
- геодинамические зоны [2].

Кроме указанных областей выделения метана на земную поверхность польскими учеными [4] рекомендуется учитывать также области земной поверхности с уменьшенными относительно фоновых значениями мощности четвертичных отложений и области наложения мульд сдвижения от разработанных ранее угольных пластов. В целом же, метановыделение по линии, соединяющей мульду сдвижения на земной поверхности (динамическую либо статическую) с крайней точкой ведения горных работ по угольному пласту является зоной раздела нетронутого массива и разуплотненной, разгруженной вследствие подработки части угольных пластов и породных слоев. Интенсивность данного пути миграции шахтных газов очевидно будет различной для каждых конкретных горно-геологических условий отработки: глубины ведения работ, вынимаемой мощности, литологического состава массива и других горнотехнических условий, таких как скорость подвигания очистного забоя и др.

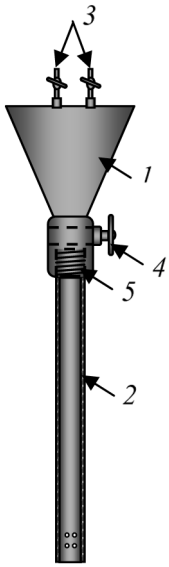

Рис. 1. Схема накопительного устройства: 1 – газосборная емкость, 2 – патрубок, 3 – штуцер, 4 – запирающий элемент, 5 – соединительная резьба

Оценка риска поднятия газов на земную поверхность включает в себя изучение зафиксированных случаев выделения шахтных газов и локализацию зон, в которых прогнозируется их выход. Исследование состава выделяющихся на земную поверхность газов целесообразно производить в почвенном воздухе, т.к. зафиксировать их в атмосфере над поверхностью земли практически не возможно. Для этой цели разработаны соответствующие методики и оборудование [2, 3, 4]. В Институте физики горных процессов НАН Украины (г. Донецк) разработано накопительное устройство для исследования динамики накопления метана в ограниченном объеме (рис. 1) [5]. Исследования интенсивности выделения метана на земную поверхность по таким путям его миграции, как, к примеру, геологические нарушения и локальные геодинамические зоны осуществляют следующим образом. Устройство устанавливается в шпуры, располагаемые вдоль трассы измерений. Трассу измерений располагают перпендикулярно оси распространения области выхода пути миграции газов на земную поверхность. После углубления патрубка *2* накопительного устройства в шпур оба вентиля на штуцерах *3* должны быть в положении «закрыто». Измерения концентрации метана в установленной емкости производится интерферометром, подключаемым к одному из патрубков с вентилем, при этом оба вентиля переводятся в положение «открыто».

Для установления времени накопления максимальной концентрации метана измерения производятся циклами до тех пор, пока не прекратится рост величины концентрации метана. Цикл измерения начинается с фиксации показания интерферометра после пятикратного прокачивания резиновой груши. Затем цикл повторяется. Прокачивание газовоздушной смеси и фиксация концентрации метана в емкости ведется до тех пор, пока содержание метана в ней не станет равным фоновому значению. Время между первым и вторым циклами измерений принимается равным 10 минутам, каждый последующий цикл будет добавлять ко времени накопления 10 минут. Таким образом, для каж-

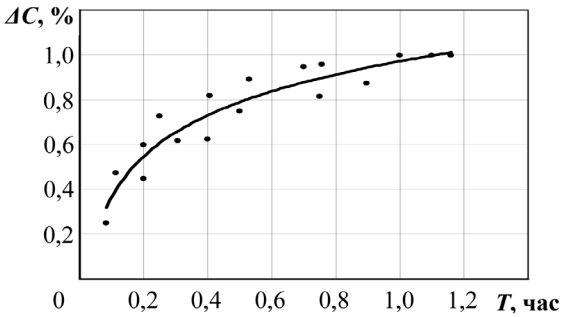

Рис. 2. Изменение отношения концентрации метана в шпуре при повторном замере к первоначальному значению ($\Delta C = C_i / C_{нач}$) во времени

дого конкретного шпура в границах трассы измерения, пересекающей область выхода пути миграции на земную поверхность устанавливается объем метана, выкачиваемый с газо-воздушной смесью, а также время накопления максимальной концентрации газа. Так в центральной части области выхода Коксового надвига под наносы полное восстановление концентрации происходит в течение одного часа (рис. 2), то в краевых частях этот процесс протекает в несколько раз дольше.

При этом время накопления первоначальной концентрации метана в шпуре является обязательным параметром для установления интенсивности метановыделения (I, м^3/ч·м^2) в каждом

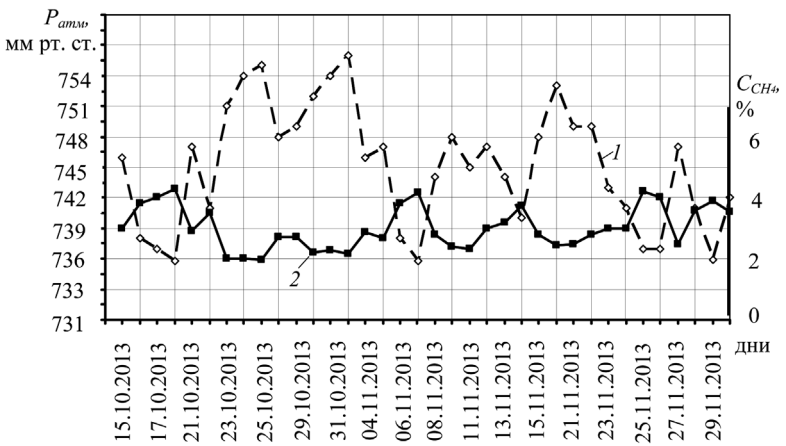

Рис. 3. Динамика атмосферного давления и газовыделений в шпур из грунта в дни проведения замеров (горный отвод ш. им. М. Горького): 1 – атмосферное давление; 2 – CH_4

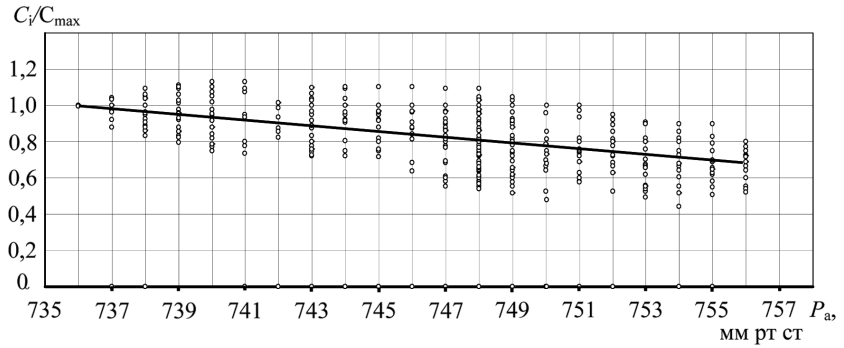

Рис. 4. Изменение относительной концентрации метана в шпуре от изменения атмосферного давления: C_i – концентрация метана в шпуре в i-день; C_{max} – концентрация метана в шпурах в день наименьшего атмосферного давления (P_a, мм. рт. ст)

конкретном пути миграции газов из горного массива на дневную поверхность.

На рис. 3 приведена динамика атмосферного давления и газовыделения в шпур в течении всего периода замеров. Полученные данные свидетельствуют о зависимости количества метана в почвенном воздухе от атмосферного давления. Так, максимальное отмеченное значение концентрации (4,3%) зафиксировано при атмосферном давлении 736 мм рт. ст., а минимальное – 2,0% при давлении 755 мм рт. ст. Средняя концентрация метана в данном шпуре за рассматриваемый период составила 3,2%.

В непосредственной близости от области выхода данных нарушений находится немалое число жилых зданий, что делает необходимым мониторинг газового состояния в данном районе.

Прирост относительной концентрации метана при изменении атмосферного давления в пределах 736–752 мм рт. ст. составил 25% (рис. 4).

Для апробации данного устройства был выбран объект исследований – область выхода на земную поверхность геологического нарушения в пределах горного отвода закрытой по методу «сухой» консервации угольной шахты им. М. Горького (г. Донецк).

Измерения выполнялись вдоль проложенных трасс пересекающих область выхода под наносы геологического нарушения – Коксовый надвиг. Разработанная методика также, как и методика МакНИИ [2] позволяет определять интенсивность ме-

тановыделения с единицы площади поверхности грунта и, подсчитывать количество мигрирующего на земную поверхность метана. Однако в отличие от аналога не требует наличия специализированной лаборатории для установления концентрации метана в пробе воздуха с точностью до 0,01%. Длительность накопительного периода позволяет формироваться в емкости концентрации, показания о которой может снять шахтный интерферометр ШИ-11 или ШИ-12. Предложенная конструкция накопительной емкости позволяет также производить повторные замеры, в первую очередь для научных целей, чтобы установить влияние дополнительных (кроме атмосферного давления) факторов на интенсивность метановыделения (температура, влажность и др.).

Зная время накопления максимальной концентрации газа в каждом отдельном шпуре вдоль трассы измерений перпендикулярной оси выхода геологического нарушения на земную поверхность, зная площадь поверхности шпура ($S_{ш}^{i}$, м^2) через которую происходит выделение газов, зная объем воздуха в шпуре и накопительном сосуде ($V_i = V_м^i + V_{н.с.}^i$, м^3), зная объем воздуха, выкачиваемый за один цикл измерений ($V_{изм.}$, м^3) и, определяя при помощи интерферометра концентрацию метана в каждом цикле измерений (C_1, C_2,... C_i,... C_k, где C_1 – максимальная концентрация газа в шпуре, полученная при первом измерении, %; C_k – конечная концентрация газа в шпуре после последнего цикла измерений, $C_k = 0$), находим объем метана, удаляемый из шпура при каждом цикле измерений, а затем и весь объем метана, находившийся в шпуре, накопительном сосуде и стенках шпура, производя такое количество циклов из-

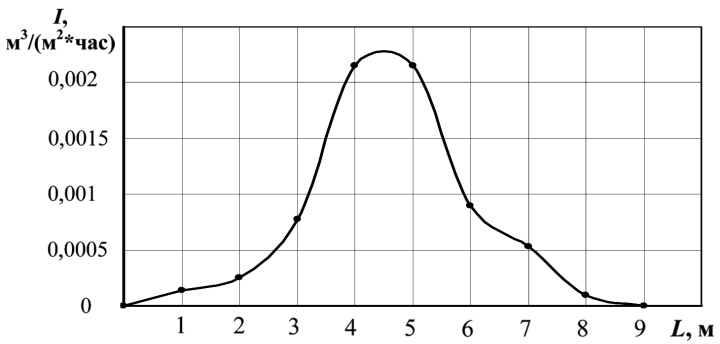

Рис. 5. Изменение интенсивности выделения метана в полость шпура от места его расположения на трассе измерений

мерений, которое необходимо для установления нулевой концентрации газа в данном конкретном шпуре.

Определив интенсивность метановыделения по всем шпурам вдоль поперечного сечения области выхода геологического нарушения на земную поверхность строится график изменения интенсивности выделения метана (рис. 5).

На рис. 5 приведен график изменения интенсивности метановыделения вдоль одной из трасс измерений. Наличие густой сетки измерительных трасс (через каждые 20 м вдоль нарушения) позволит более точно устанавливать характер измерения графика кривой интенсивности метановыделения, а, следовательно, и максимально точно определять интенсивность выделения газа на земную поверхность в пределах всего геологического нарушения, либо любого другого протяженного пути миграции газа из горного массива. В этом случае следует определять площадь под графиком функции интенсивности метановыделения по каждой из трасс измерений и умножать результат

$$I_н = \sum_{i=k}^{i=1} I_i \cdot L_{тр}\ ,\ м^3/час,$$

где I_i – интенсивность выделения метана в i-ом сечении (вдоль i-ой трассы измерений), $м^3/(м^2 \cdot час)$; $L_{тр}$ – расстояние между трассами, м.

Таким образом, разработано и апробировано инструментальное оборудование для наблюдений за динамикой выделения метана на земную поверхность. По результатам апробации данного оборудования в области выхода на земную поверхность крупного геологического нарушения усовершенствованы методические положения газового мониторинга опасных по выделению метана зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гавриленко Ю. Н., Ермаков В. Н., Кренида Ю. Ф., Улицкий О. А., Дрибан В. А.* Техногенные исследования закрытия угольных шахт Украины. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 632 с.

2. *Инструкция* по защите зданий от проникновения метана. – Макеевка–Донбасс: МакНИИ, 1986. – 60 с.

3. *Инструкция* о порядке контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации (консервации) шахт. – Кемерово: ВостНИИ, 1988. – 35 с.

4. http://www.kiwon.geol.agh.edu.pl/?page_id=304

5. *Патент* України на корисну модель за № 67881, МПК (2012.01) G01V9/00, заявка № u 2011 08670 від 11.07.2011, опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Василенко Татьяна Анатольевна[1] — доктор технических наук, старший научный сотрудник,
Волошина Наталья Игоревна[1] — кандидат технических наук, e-mail: voloshina_n_i@mail.ru,
Кольчик Иван Евгеньевич[1] — кандидат технических наук,
Молодецкий Андрей Вадимович[1] — кандидат технических наук,
Подрухин Александр Александрович[1],
[1] Институт физики горных процессов НАН Украины.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 7, pp. 159–166.

UDC 622.81

T.A. Vasilenko, N.I. Voloshina, I.E. Kol'chik, A.V. Molodetskiy, A.A. Podrukhin

RESEARCH OF METHANE MAINTENANCE IN SOIL AIR IN THE AREA OF GEOLOGICAL FAULTS OUTPUT UNDER THE SEDIMENTS

The results of researches of methane yield dynamics on an earthly surface on the territory of disjunctive geological fault output under the sediments within the limits of the mining lease of closed coal mine by a «dry» preservation method are presented.

Key words: closed mine, methane, ways of methane migration, thrust, worked-out space, methane emission.

AUTHORS

Vasilenko T.A.[1], Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Voloshina N.I.[1], Candidate of Technical Sciences,
e-mail: voloshina_n_i@mail.ru,
Kol'chik I.E.[1], Candidate of Technical Sciences,
Molodetskiy A.V.[1], Candidate of Technical Sciences,
Podrukhin A.A.[1],
[1] Institute of Physics of Mining Processes
of National Academy of Science of Ukraine,
83114, Donetsk, Ukraine

REFERENCES

1. Gavrilenko Yu. N., Ermakov V. N., Krenida Yu. F., Ulitskiy O. A., Driban V. A. *Tekhnogennye issledovaniya zakrytiya ugol'nykh shakht Ukrainy* (Industrial analysis of coal mine closure in Ukraine), Donetsk, Nord-Press, 2004, 632 p.

2. *Instruktsiya po zashchite zdaniy ot proniknoveniya metana* (Guidelines on protection of buildings from methane penetration), Makeevka–Donbass, MakNII, 1986, 60 p.

3. *Instruktsiya o poryadke kontrolya za vydeleniem gazov na zemnuyu poverkhnost' pri likvidatsii (konservatsii) shakht* (Guidelines on gas emission control on the ground surface during mine closure (suspension)), Kemerovo, VostNII, 1988, 35 p.

4. http://www.kiwon.geol.agh.edu.pl/?page_id=304

5. *Patent Ukraïni na korisnu model' za № 67881, MPK (2012.01) G01V9/00*, 12.03.2012.