

УДК 622.81

Н.И. Волошина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ШАХТНЫХ ГАЗОВ В ПОЧВЕННОМ
СЛОЕ В ОБЛАСТИ ВЫХОДА НА ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ
АКТИВНЫХ ПУТЕЙ ИХ МИГРАЦИИ

Институт физики горных процессов НАН Украины

Приведены результаты исследований по разработке методики и оборудования для измерения концентрации метана и диоксида углерода в почвенном слое при выявлении областей, опасных по выходу шахтных газов на земную поверхность.

Ключевые слова: пути миграции газа, шахта, концентрация метана в почве, воздухоотборное устройство

Человечество столетиями добывает каменный уголь подземным способом. Проблемы, связанные с метаном угольных пластов, начались после перехода добычных работ на глубины, большие глубины залегания верхней границы метановой зоны. И если прогноз мест и объемов выделений газа в горные выработки из угольного пласта и из выработанного пространства ведется на достаточно высоком уровне, то процессы миграции метана на земную поверхность стал исследоваться относительно недавно, в большей степени по причине ряда произошедших несчастных случаев, вызванных газификацией жилых помещений [1]. Причем следует отметить, что данная проблема присуща не только Донбассу, но и другим угольным бассейнам Европы, которые расположены на густозаселенных территориях, обладают большим количеством газоносных угольных пластов, а также насчитывают в своих границах большое количество закрытых и готовящихся к закрытию шахт. Проблемы, связанными с выделением шахтных газов из закрытых шахт, занимаются в Германии [2, 3], Англии [4], Франции [5], Чехии [6], Польши [7] и других угледобывающих странах. У каждой из них имеется собственный опыт решения проблем с выделениями метана на земную поверхность, однако, обобщив его, можно выделить следующие общие пункты в подходе к оценке риска, вызванного эмиссией шахтных газов:

- 1) изучение и картографирование пустот;
- 2) гидрогеологическая съемка;
- 3) оценка риска поднятия газов на земную поверхность;

4) разработка мероприятий по предотвращению выделения шахтных газов на земную поверхность.

При этом оценка риска поднятия газов на земную поверхность включает в себя изучение зафиксированных случаев выделения шахтных газов и локализацию зон, в которых прогнозируется выход газов. Исследование состава выделяющихся на земную поверхность газов целесообразно производить в почвенном воздухе, так как зафиксировать их в атмосфере над поверхностью земли практически не возможно. Для этой цели разработаны соответствующие методики и оборудование.

Согласно действующему в Украине нормативному документу [8] измерение концентрации содержащихся в почвенном воздухе газов производят при помощи воздухозаборного устройства (рис. 1). Этот процесс осуществляют следующим образом. Воздухозаборное устройство погружают в почву на глубину 1,0 м путем его вращения за ручки [5]. Запирающим элементом 4, который находится внутри штанги 1, прочищают газозаборное отверстие 2, после чего элемент извлекают из штанги. Затем газозаборный штуцер 6 соединяют с шахтным интерферометром, производят 10 нажатий на пневматическую грушу и считанный по шкале отсчет записывают в рабочую тетрадь. При этом замеры в пределах зоны, угрожаемой по выходу газов на дневную поверхность, выполняют по следующей схеме: вкрест простирания – через каждые 5 м; по простиранию на застроенной территории – через 10 м, на не застроенной – через каждые 20 м.

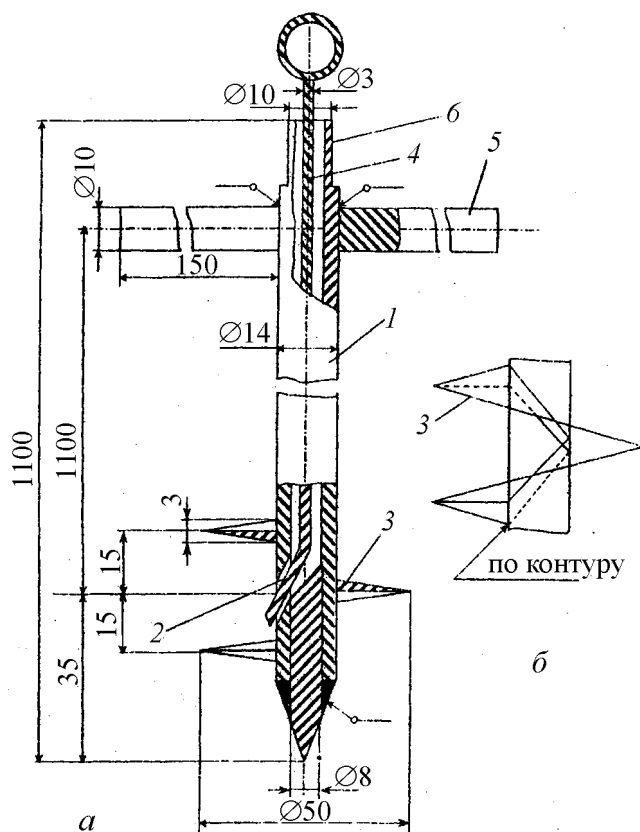


Рис. 1. Воздухозаборное устройство (а) и шнековая навивка (б): 1 – стальная труба; 2 – газосборное отверстие; 3 – отрезок шнековой навивки; 4 – запирающий элемент; 5 – ручки для погружения устройства в грунт; 6 – газозаборный штуцер

Аналогичный нормативный документ по измерению концентрации метана в почвенном воздухе имеется и в Российской Федерации [9]. Предлагаемое устройство аналогично приведенному на рис. 1.

Несколько иной подход предложен польскими исследователями [10]. Конструкция разработанного ими устройства изображена на рис. 2.

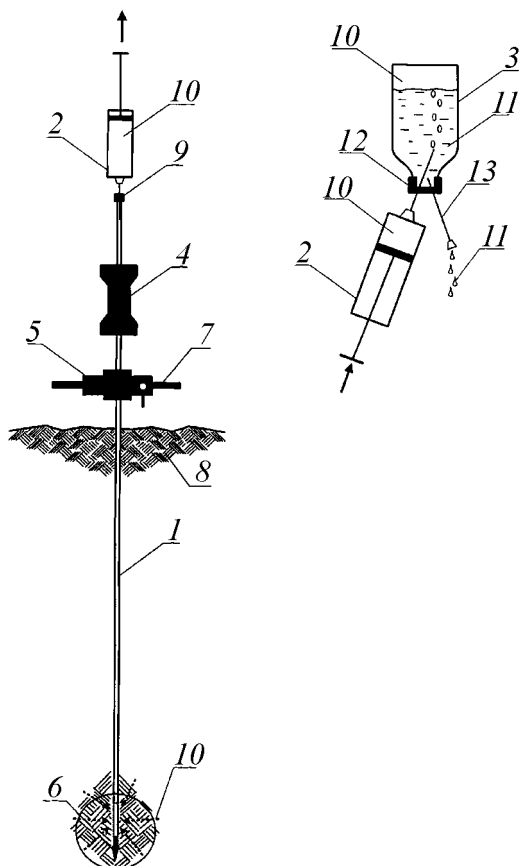


Рис. 2. Устройство для измерения концентрации шахтных газов в почвенном воздухе [10]: 1 – полый металлический стержень (зонд); 2 – газонепроницаемый шприц; 3 – контейнер для образца; 4 – держатель; 5 – рукоятка-упор; 6 – наконечник; 7 – винт; 8 – грунт; 9 – мембрана; 10 – газовая проба; 11 – раствор NaCl; 12 – резиновая пробка; 13 – игла.

Принцип действия устройства заключается в отборе проб воздуха из почвы посредством специального шприца и полого досылочного щупа, а также стеклянной колбы, в которой почвенный воздух отправляется в лабораторию на анализ.

Досылка щупа на необходимую глубину замеров осуществляется под действием прилагаемой к поперечным рукояткам вертикальной нагрузки. Несмотря на кажущуюся простоту и удобство, способ имеет ряд нерешенных вопросов. Во-первых, это отсутствие возможности проведения экспресс-измерения для установления границ зоны выхода пути миграции газа на дневную поверхность. Это влечет за собой лабораторную обработку большого количества «лишних» проб. Во-вторых, в описательной части отсутствуют пояснения, каким образом извлекается щуп из почвы. При извлечении его с помощью лишь физической силы человека, производящего замер, необоснованно повышается трудоемкость процесса измерения и снижаются темпы и объемы выполняемых работ.

При измерении содержания метана в объектах мониторинга, расположенных на горных отводах действующих и ликвидируемых шахт, в настоящее время используются переносные газоанализаторы типа ШИ (шахтные интерферометры). Погрешность измерения концентрации метана этими приборами составляет $\pm 0,2$ об. доли % (1400 мг/м^3). Для определения низких концентраций метана (менее 0,2 об. долей %), необходим предварительный отбор проб воздуха, транспортировка их в лабораторию и анализ с использованием хроматографических методов, что весьма удорожает процесс контроля концентрации метана и повышает его трудоемкость.

При обследовании подработанных территорий на предмет наличия опасных зон первым делом следует выполнить анализ горного массива, включающий выявление возможных путей миграции газов на земную поверхность и источников его выделения. Для проведения такого анализа необходима следующая горно-геологическая документация:

- план поверхности;
- планы развития горных работ по пластам;
- геологические разрезы вкрест и по простиранию пород.

Далее выполняется проверка всех выявленных путей миграции на наличие опасных выделений газа. Проверка предусматривает сооружение пяти трасс измерений, располагаемых перпендикулярно линии распространения пути миграции на земной поверхности. Если ни в одном из замеров не было превышено фоновое значение (в неопасной зоне), то данный путь миграции считается неактивным. В случае полного затопления подработанного горного массива и отсутствия проектов новой его подработки выделенный неактивный путь потенциальной миграции считается безопасной зоной. Если же применяется «сухой» способ консервации закрытой шахты, либо возможны сдвиги горного массива, которые смогут затронуть область выделенного транспортного канала, то следует периодически повторять измерения концентрации газов в почвенном слое, так как под воздействием геомеханических процессов неактивный ранее путь миграции может стать активным.

При наличии опасных выделений на земную поверхность шахтных газов область выделений оконтуривается следующим образом. Условно на эту область накладывают сетку с размером ячеек 5×20 м. При этом через 5 м наносят линии, располагаемые вдоль рассматриваемой области (к примеру, вдоль выхода на земную поверхность геологического нарушения), а через 20 м – поперек нарушения. Количество поперечных линий принимается из условия, чтобы область находилась под условной сеткой. В точке пересечения условных линий выполняют измерения концентрации метана.

Измерение содержания газов в почвенном воздухе производят следующим образом. Воздухозаборное устройство (рис. 3) погружают в почву на глубину 1 м путем ударно-поступательного движения его при нанесении ударов молотом по ударной пята 1. Затем отводящий патрубок 2 соединяют с шахтным интерферометром, производят 5 нажатий на пневматическую

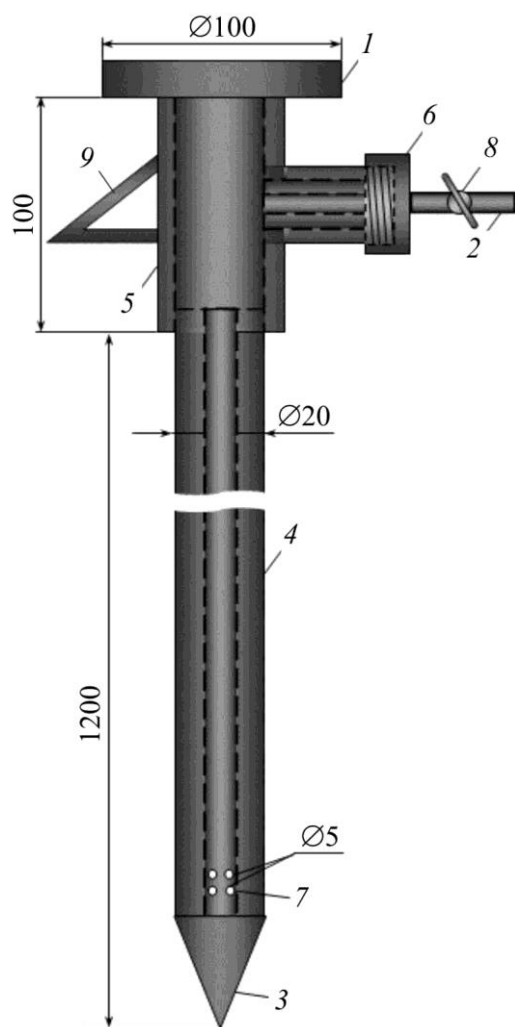


Рис. 3. Схема воздухозаборного устройства для экспресс-анализа концентрации метана в почве (конструкция ИФГП НАН Украины): 1 – ударная пята; 2 – отводящий патрубок; 3 – наконечник; 4 – рабочее тело устройства – стальная труба (штанга); 5 – тройник; 6 – заглушка; 7 – отверстия; 8 – вентиль; 9 – опорная рукоятка

грушу и определенный по шкале отсчет записывают в рабочую тетрадь. Воздухозаборное устройство извлекают из шпура при помощи домкрата и опорной рукоятки.

Выбор именно ударного способа досылания воздухозаборного устройства в почву объясняется возникновением в почве в процессе забивания легкого сотрясательного эффекта, интенсифицирующего метановыделение из стенок шпура в полость воздухозаборного устройства. Это подтверждается графиком на рис. 4, на котором отчетливо видно, что после сотрясательного воздействия на массив (круг по оси ординат) резко возрастает концентрация метана (на 1,0 % относительно первоначального уровня). Измерения производили на территории горного отвода ш. им. М. Горького в области выхода на дневную поверхность Малого и Коксового надвигов.

При помощи разработанного устройства для экспресс-измерений концентрации газов в почвенном воздухе была установлена закономерность прироста метановыделения с увеличением глубины шпура (рис. 5). Увеличение глубины шпура осуществляли при помощи ударно-поступательного движения данного устройства.

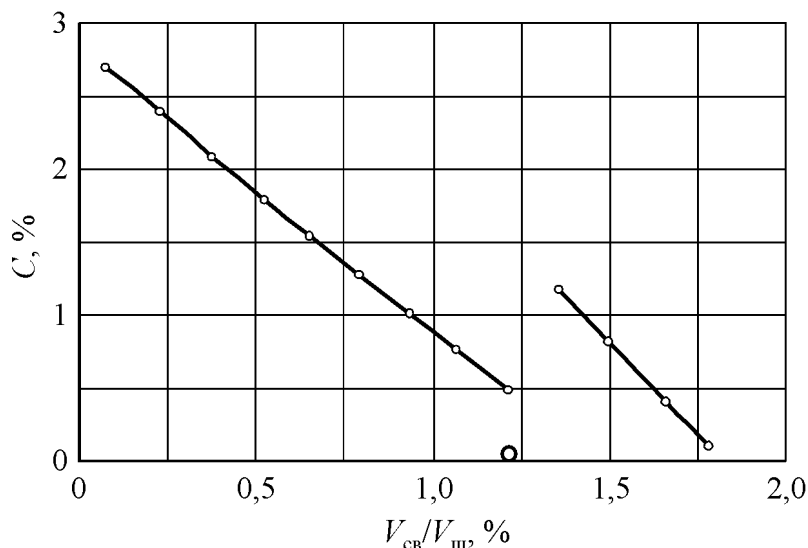


Рис. 4. Изменение концентрации метана в зависимости от относительного объема свежего воздуха, поступающего в шпур (данные замера в пределах горного отвода ш. им. М. Горького): \circ – момент динамического воздействия; $V_{св}$ – объем воздуха, извлекаемый при измерении концентрации метана, m^3 ; $V_{шп}$ – объем шпура и накопительной емкости, m^3

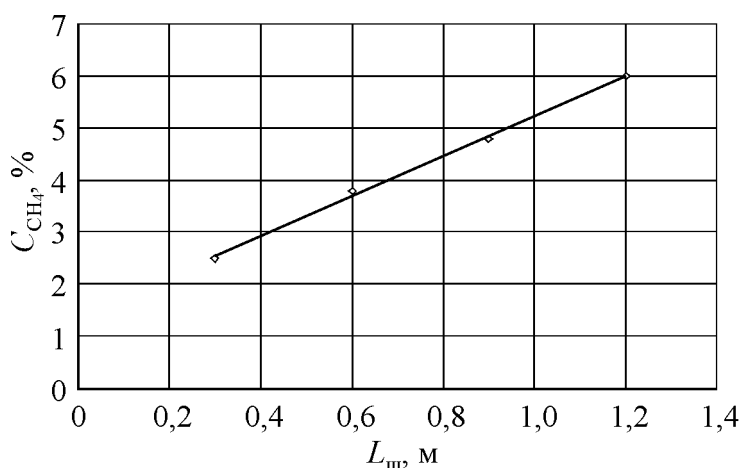


Рис. 5. Изменение концентрации метана в почвенном воздухе с изменением глубины шпура

Измерения выполняли следующим образом: подготавливали шпур на глубину 30 см и производили замер концентрации метана, после чего производили выкачивание загрязненного шахтными газами воздуха, заменяя его чистым воздухом. После того, как концентрация метана падала до нуля, производили дальнейшее углубление шпура на следующие 30 см. И вновь производили замер, выкачивание метана и выполняли новое углубление шпура. Максимальная глубина шпура составила 1,2 м. Как видно из рис. 5, с увеличением глубины измерений наблюдался и рост концентрации метана. Причем на глубине 1,2 м он превысил 6 %, однако функциональные ограничения интерферометра ШИ-11 не позволили установить точную концентрацию

цию (шкала измерения для данного прибора заканчивается на 6 %). Нужно отметить, что при углублении шпура отмечалось некоторое сотрясение грунта, которое могло провоцировать выделение метана из уже дегазированных участков стенок шпура.

Данные, полученные в процессе натуральных наблюдений свидетельствуют о наличии в центральной части города Донецка области с весьма опасными концентрациями метана в почвенном слое. В области выхода этих нарушений находится немалое число жилых зданий, что обуславливает необходимость постоянного мониторинга газового состояния и мероприятий по предотвращению случаев загазования помещений.

При использовании разработанного оборудования, в отличие от описанного в [8, 9], возможно формирование шпура без утечек метана при необходимости его повторного использования для установления динамики выделения газа на земную поверхность накопительным методом. Следует также отметить, что стенки шпура более устойчивы в сравнении с аналогами, поскольку ударный способ сооружения шпура уплотняет его стенки в отличие от вращательного бурения. Еще одним преимуществом разработанного оборудования является сотрясательное воздействие на грунт, что позволяет более точно судить о концентрации в нем газа.

1. *Гавриленко Ю.Н.* Техногенные исследования закрытия угольных шахт Украины / Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермаков, Ю.Ф. Кренида, О.А. и др. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 632 с.
2. *Винтер К.* Газовыделение из закрытых шахт и погашенных выработок / К. Винтер // Глюкауф. - №20. – 1976. – С.33–36.
3. *Айкер. Х.* Управление газовыделением из закрытых шахт / Х. Айкер, Ф. Хесбрюгге // Глюкауф. - №23. – 1984. – С.29–34.
4. *Robinson R.* Mine gas hazards in the surface environment / R. Robinson // Mining technology, section A. – Vol.109. – 2000. – P.A.228–236.
5. *Tanziede C.* Risk assessment of surface emission of gas from abandoned coal mines in France and techniques of prevention / C. Tanziede, Z. Pokryszka, J.P. Barrier // Mining technology, section A. – Vol.111. – 2002. – P.A.192–196.
6. *Novotny R.* Reduction of uncontrollable mine gas emission in the Czech part of Upper Silesian hard coal basin devastated by past mining activity / R. Novotny // In Proc. 7 th Int. mine ventilation congress (Krakow: Research and Development Cent EMAG, 2001). – P.127–131.
7. *Patynska R.* Ocena szacowania emisji metanu z metanowych Kopaln' wegla kamiennego w Polsce Wlatach 2001-2010. Pizeglad Go'rnicy Nr.12/2012, S.35–46.
8. *Инструкция по защите зданий от проникновения метана / МакНИИ.* –Макеевка – Донбасс, 1986. – 60 с.
9. *Инструкция о порядке контроля за выделением газов на земную поверхность при ликвидации (консервации) шахт / ВостНИИ Кемерово, 1988.* – 35 с.
10. http://www.gig.eu/sites/default/files/attachments/materialy_prasowe/migracja_gazow_kopalnianych.pdf

Н.И. Волошина

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
КІЛЬКОСТІ ШАХТНИХ ГАЗІВ У ГРУНТОВОМУ ШАРІ В ОБЛАСТІ
ВИХОДУ НА ЗЕМНУ ПОВЕРХНЮ АКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇХ МІГРАЦІЇ

Наведено результати досліджень з розробки методики й обладнання для вимірювання концентрації метану й діоксиду вуглецю в ґрунтовому шарі при виявленні областей, небезпечних щодо виходу шахтних газів на земну поверхню.

Ключові слова: шляхи міграції газу, шахта, концентрація метану в ґрунті, повітряно-нодобрний пристрій

N.I. Voloshina

IMPROVED METHODS AND EQUIPMENT FOR RESEARCH
QUANTITIES OF MINE GAS IN THE SOIL IN THE YIELD AREA
ON THE EARTH'S SURFACE OF THE ACTIVE MIGRATION ROUTES

The results of studies on the development of techniques and equipment for measuring the concentration of methane and carbon dioxide in the soil at identifying areas where hazardous gases output shaft on the earth surface are presented.

Keywords: migration routes of gas, mine, the methane concentration in the soil, air-selective device