

УДК 622.21

А.И. Сергиенко, А.А. Подрухин

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗОН НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНЫХ ОТВОДОВ ЗАКРЫТЫХ ШАХТ

Институт физики горных процессов НАН Украины

Приведены результаты исследований проявления геодинамических зон в пределах горных отводов двух закрытых шахт. Геодинамические зоны являются дополнительными путями миграции метана из выработанного пространства закрытых шахт в атмосферу. Разработан алгоритм определения границ распространения геодинамических зон на земной поверхности. Полученные результаты были подтверждены полевыми исследованиями содержания метана в почве.

Ключевые слова: геодинамические зоны, границы распространения, горные отводы, закрытые шахты, пути миграции, содержание метана

Начиная с 70-х гг. прошлого столетия новейшие космические методы исследования земной поверхности позволили наглядно проследить линейно организованные структурные элементы земной поверхности, не отмеченные ранее на известных географических, геологических и геофизических картах.

Согласно обобщенным данным проведенных исследований, представленных в работах [1–4], вся приповерхностная часть земной коры имеет зонально-блочное строение, обусловленное наличием в горном массиве не только дизъюнктивных геологических нарушений, например сбросов и надвигов, но и геодинамических зон (ГДЗ). Последние, в свою очередь, являются поверхностным отображением особенностей геологической структуры горного массива, а именно глубинных разломов, скрытых осадочным чехлом и покровными отложениями.

ГДЗ имеют различные размеры как по простиранию (от нескольких сотен метров до нескольких тысяч километров), так и по глубине распространения (от нескольких десятков метров до нескольких километров) и делятся на глобальные, региональные и локальные [1–3].

Площадью проявления ГДЗ на дневной поверхности являются линейно организованные структуры форм рельефа, называемые линеаментами. Они определяются чаще всего по линейному распространению овражно-балочной сети и отрицательных форм рельефа, а также по различию форм рельефа и изгибов русел рек и другим признакам (рис. 1).

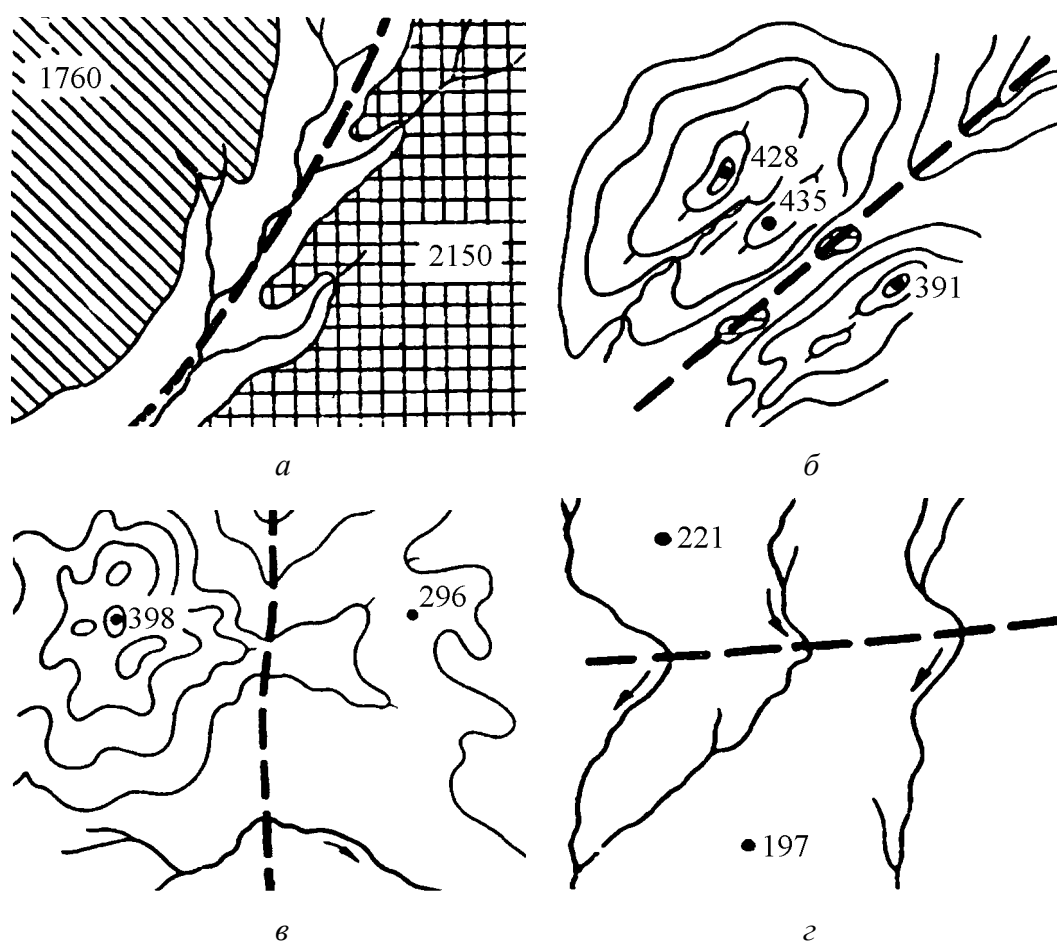


Рис. 1. Признаки проявления линеаментов на земной поверхности: *а* – линейное распространение русел рек и овражно-балочной сети; *б* – разница высот и конфигурация горизонталей рельефа; *в* – различия форм рельефа и изгибов русел рек; *г* – совокупность коленчатых изгибов русел рек, приуроченность их к одной линии

Всем слагающим горный массив породам, расположенным в пределах ГДЗ, соответствует anomalно повышенная трещиноватость по отношению к породам блоков. Данная трещиноватость может способствовать миграции различных газов, в том числе и свободного метана, в пределах горного массива на дневную поверхность.

Исследования, проведенные нами на территории горных отводов закрытых шахт Донбасса, показали, что накопленный в горных выработках метан мигрирует на дневную поверхность не только в местах выхода геологических нарушений и пластов трещиноватых песчаников и известняков [5], но и в пределах распространения ГДЗ на участках земной поверхности (рис. 2), присущих для каждого конкретного горного отвода указанных шахт [6–9].

В ИФГП НАН Украины разработана методика расчета [8], позволяющая определить количество метана и время процесса его миграции из выработанного пространства к земной поверхности для условий каждой конкретной закрытой шахты. При этом одним из главных параметров для расчетов является

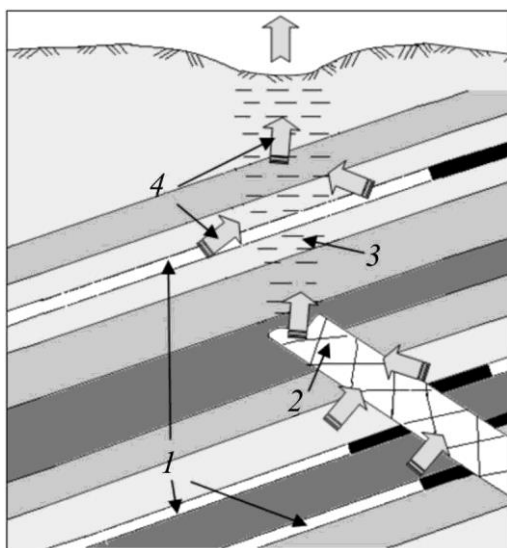
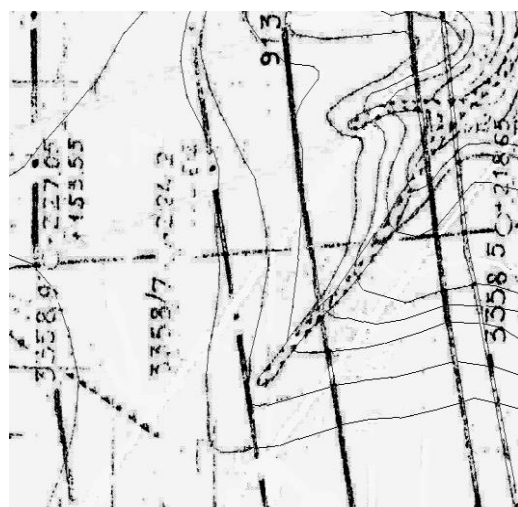


Рис. 2. Миграция метана из выработанного пространства закрытых шахт к земной поверхности в пределах ГДЗ: 1 – выработанное пространство; 2 – разрывное нарушение; 3 – геодинамическая зона; 4 – направление движения метана

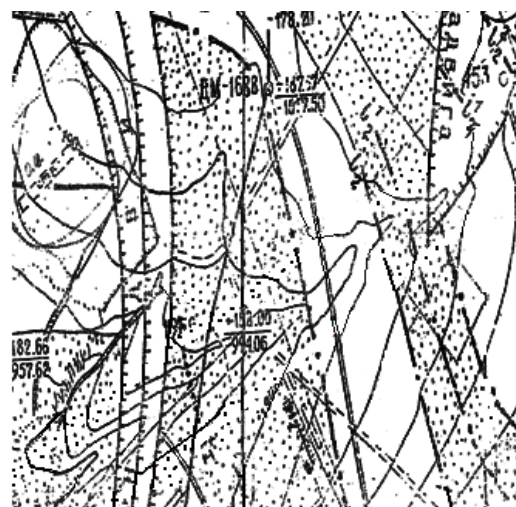
площадь проявления ГДЗ и ее привязка к рельефу земной поверхности горного отвода угольной шахты. Апробацию методики проводили на двух закрытых шахтах – «Заперевальной № 2» и «Куйбышевской». На планах поверхности (рис. 3) были выбраны два участка размером 500 × 500 м, каждый из которых поделили сеткой шагом 50 м. Затем на них в узлах пересечения сетки были отмечены данные высотных отметок рельефа земной поверхности и составлены матрицы отметок.

Полученные матрицы обрабатывали при помощи математического метода кубической сплайн-интерполяции, реализуемого в программе MathCAD [10]. По результатам обработки был получен электронный вариант карт изолиний исследуемых участков (рис. 4).



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	189.3	188.8	188.2	187.9	188.3	188.9	189.5	190	190.7	191.2	191.5
1	189.8	189.4	189	187.4	188.2	188.9	189.9	189.9	190.2	191	191.4
2	190.2	189.9	189.5	188.5	188.1	190	190.3	190.3	190.5	190.8	191.2
3	190.7	190.4	190.1	189.6	188	190	190.5	190.8	191.1	191.2	191.3
4	191.2	191	190.6	190.2	189.3	190.1	190.8	191.1	191.5	191.9	192
5	192	191.6	191.2	190.9	190.2	190	191.1	191.4	191.8	192.2	192.5
6	192.5	192.1	191.8	191.4	191	190	191	191.8	192.1	192.5	192.9
7	193.2	192.7	192.2	191.9	191.6	191.1	190.5	191.9	192.4	192.8	193.2
8	193.9	193.2	192.7	192.4	192.1	191.8	191.5	192.1	192.7	193.1	193.5
9	194.4	193.9	193.3	193	192.7	192.3	192.2	192.1	193	193.4	193.9
10	195.1	194.5	193.9	193.5	193.1	192.9	192.8	192.1	193.1	193.9	194.1

a



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	228.5	228.6	228.7	228.3	227.5	226.8	226.5	226.9	227.3	227.7	228
1	227.9	228.1	228.2	227.9	227	226.3	225.9	226.2	226.8	227.2	227.5
2	227.1	227.4	227.3	226.9	226.6	226	224.9	225.5	226.1	226.8	227.1
3	225.7	226	226.2	226.1	226	225	224.4	224.8	225.5	226.1	226.5
4	225.7	224.9	224.9	225	225	224.4	223.9	223.8	224.4	225.2	225.9
5	225.7	224.9	223.6	223.9	223.9	223.8	223.4	222.3	223	223.9	224.9
6	225.9	225	223.7	223	223.4	223.3	223.1	222.1	221.8	222.5	223.1
7	225.9	225.2	224.1	222.4	221.6	222.5	223	222.1	221	221.8	222
8	225.9	225.3	224.5	223	221.6	218	220.9	222	220.5	221.2	221.2
9	225.9	225.3	224.7	223.4	222.2	221	218.2	220.5	219.5	220.4	220.2
10	225.8	225.2	224.6	223.5	222.4	221	219	217.1	218.5	219.3	219

б

Рис. 3. Выкопировки с планов поверхности и матрицы данных высотных отметок исследуемых участков: *a* – шахта «Заперевальная № 2»; *б* – «Куйбышевская»

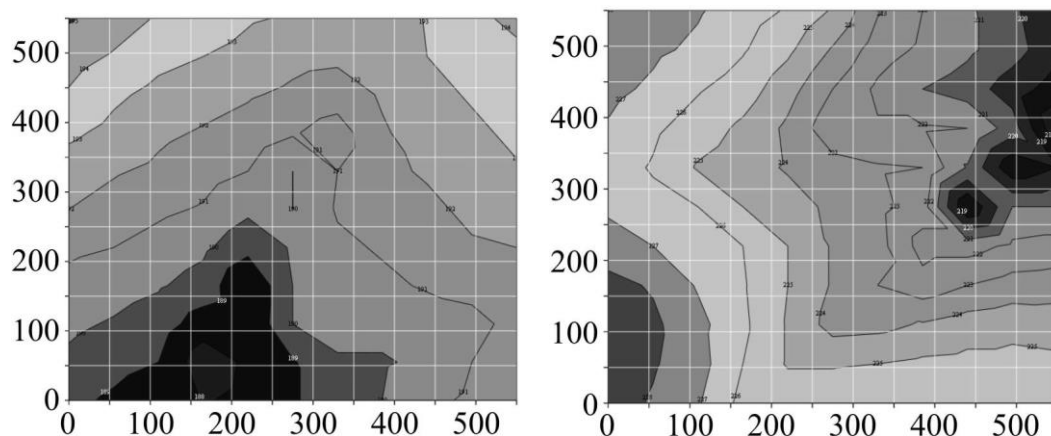


Рис. 4. Карты изолиний рельефа земной поверхности на участках горных отводов закрытых шахт «Запेरевальной № 2» (а) и «Куйбышевской» (б)

Затем в программе MathCAD согласно разработанному алгоритму определения границ распространения геодинамических зон на земной поверхности выполняли обработку матриц методом поиска минимальных значений. В результате на полученные карты изолиний были нанесены границы распространения геодинамических зон (линеаменты) на исследуемых участках земной поверхности (рис. 5). Блок-схема алгоритма приведена на рис. 6.

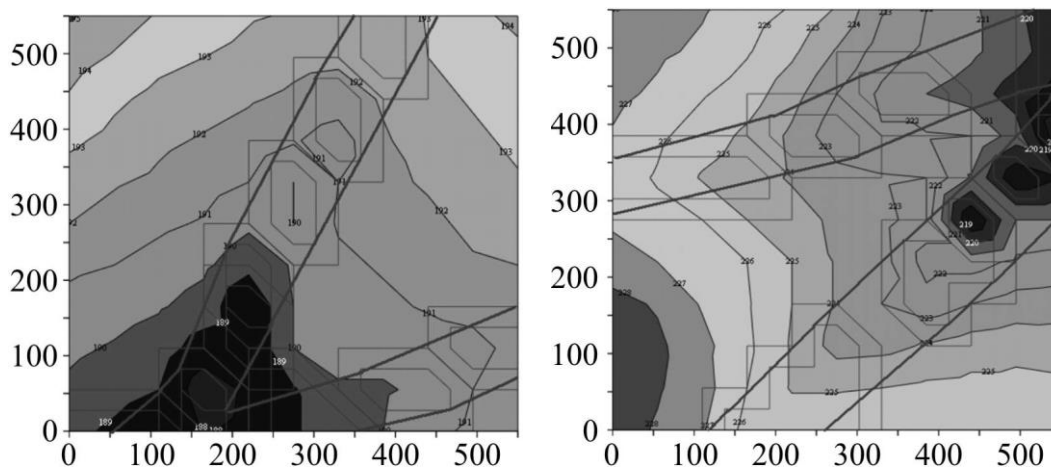




Рис. 5. Выделенные границы распространения геодинамических зон (линеаменты) на территории горных отводов закрытых шахт «Запेरевальной №2» (а) и «Куйбышевской» (б). Условные обозначения:  – площадь проявления геодинамических зон в рельефе земной поверхности,  – границы распространения геодинамических зон (линеаменты)

По результатам выполненного линеаментного анализа участков земной поверхности на территории горных отводов двух закрытых шахт были заложены профили для измерения содержания метана в почве в пределах выделенных геодинамических зон (рис. 7). Шаг измерений по всем профилям составлял 10 м.

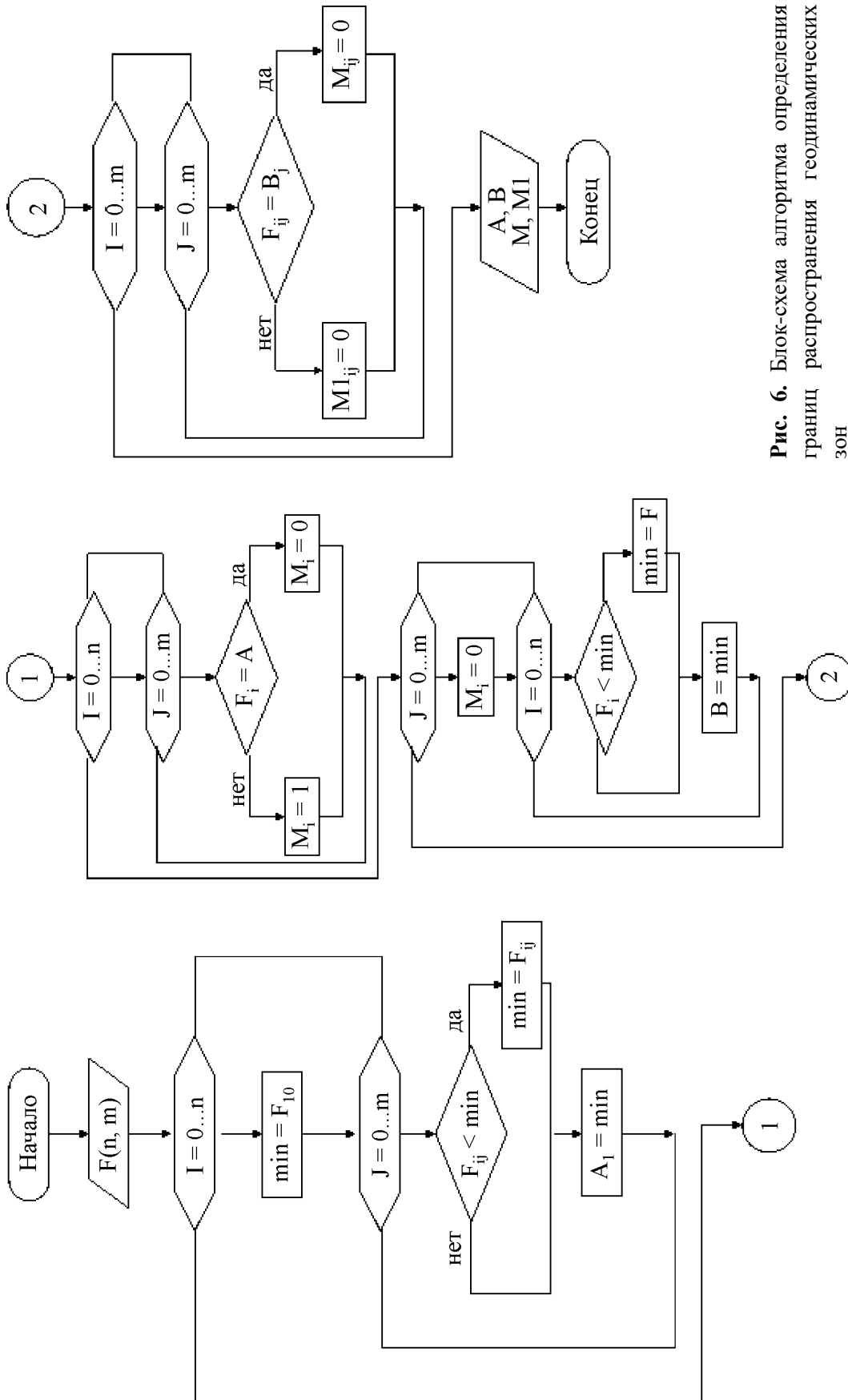


Рис. 6. Блок-схема алгоритма определения границ распространения геодинамических зон

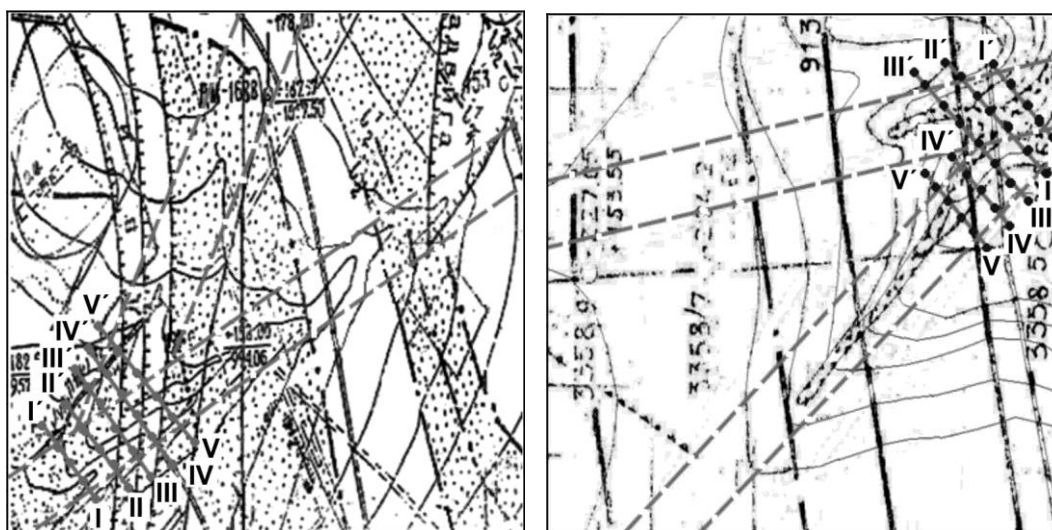


Рис. 7. Профили проведения измерений содержания метана в почве в пределах выделенных геодинамических зон на территории горных отводов закрытых шахт «Заперевальной №2» (а) и «Куйбышевской» (б): — — — — границы распространения геодинамических зон (линеаменты), I●●●●I' — профили проведения измерений содержания метана в почве

Полевые измерения содержания метана в почве осуществляли по методике, разработанной МакНИИ [5], при помощи шахтного интерферометра ШИ-11.

Разброс значений содержания метана в почве составил: для горного отвода шахты «Заперевальная №2» – 0,1–1,2% и для горного отвода шахты «Куйбышевская» – 0,4–1,0%. Это соответствует расчетным средним значениям 0,6 и 0,8%, полученным в результате аналитических исследований, учитывающих метаносность углеспородного массива, особенности его физико-механических параметров, глубину ведения горных работ и другие геотехнические характеристики [8].

Таким образом, графоаналитический способ определения границ распространения геодинамических зон в пределах горных отводов угольных шахт позволяет:

- на основе применения современных методов получения, обработки и анализа научно обосновать высокую степень вероятности миграции шахтных газов, в первую очередь метана, на поверхность в четко определенных местах горных отводов, отнесенных к границам линеаментов;

- повысить эффективность ведения работ по мониторингу окружающей среды, в частности горных отводов закрытых шахт, на территории которых находятся жилые строения и промышленные предприятия шахтных городов и поселков;

- за счет камеральной обработки полевых исследований и установления конкретных мест возможного аномального выделения метана на поверхность снизить затраты на работы по дегазации с поверхности углеспородного массива действующих и закрываемых шахт.

1. Кац Я.Г. Основы линейментной тектоники / Я.Г. Кац, А.И. Полетаев, Э.Ф. Румянцева. – М.: Недра, 1986.
2. Воевода Б.И. Геодинамика и ее экологические проявления / Б.И. Воевода, Е.Г. Соболев, А.Н. Русанов, О.В. Савченко. – Наукові праці ДонДТУ: Серія гірничо-геологічна. – Вип. 23. – Донецьк, 2001. – С. 3–10.
3. Воевода Б.И. Геодинамика и ее роль в устойчивом развитии регионов / Б.И. Воевода, Е.Г. Соболев, О.В. Савченко. – Наукові праці ДонДТУ: Серія гірничо-геологічна. – Вип. 45. – Донецьк, 2002. – С. 88–93.
4. Панов Б.С. Новое в геолого-геофизических исследованиях // Б.С. Панов, Е.П. Тахтамиров // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1993.– №3. – С. 54–67.
5. Защита зданий от проникновения метана / МакНИИ. – Макеевка: Донбасс, 2001. – 61 с.
6. Гринев В.Г. Совершенствование методики прогнозирования миграции метана на дневную поверхность из горных выработок ликвидированных шахт / В.Г. Гринев, А.А. Подрухин // Фізико-технічні проблеми горного виробництва: сб. науч. тр. / НАН Украины, Институт физики горных процессов. – Вып. 8. – 2005. – С. 100–103.
7. Подрухин А.А. Исследование миграции метана на дневную поверхность в пределах горного отвода ликвидированной шахты «Кочегарка» / А.А. Подрухин // Фізико-технічні проблеми горного виробництва: сб. науч. тр. / НАН Украины, Институт физики горных процессов. – Вып. 9. – 2006. – С. 186–192.
8. Гринев В.Г. Исследование процесса миграции метана из выработанного пространства закрытых шахт / В.Г. Гринев, А.И. Сергиенко, А.А. Подрухин // Фізико-технічні проблеми горного виробництва: сб. науч. тр. / НАН Украины, Институт физики горных процессов. – Вып. 12. – 2009. – С. 74–79.
9. Гринев В.Г. Оценка эмиссии метана закрытых шахт на дневную поверхность / В.Г. Гринев, А.И. Сергиенко, А.А. Подрухин // Матеріали Міжн. наук.-прак. конф. «Форум гірників – 2009», Дніпропетровськ, 11–13 жовтня 2009 р.
10. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD / Е.Г. Макаров. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

О.І. Сергієнко, О.О. Подрухін

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ГЕОДИНАМІЧНИХ ЗОН НА ЗЕМНІЙ ПОВЕРХНІ В МЕЖАХ ГІРСЬКИХ ВІДВЕДЕНЬ ЗАКРИТИХ ШАХТ

Наведено результати досліджень прояву геодинамічних зон в межах гірських відведень двох закритих шахт. Геодинамічні зони є додатковими шляхами міграції метану з виробленого простору закритих шахт в атмосферу. Розроблено алгоритм визначення меж розповсюдження геодинамічних зон на земній поверхні. Отримані результати були підтверджені польовими дослідженнями змісту метану в ґрунті.

Ключові слова: геодинамічні зони, межі розповсюдження, гірські відведення, закриті шахти, шляхи міграції, зміст метану

A.I. Sergienko, A.A. Podrukhin

SEMIGRAPHICAL METHOD FOR DETERMINATION OF
GEODYNAMICAL ZONE PROPAGATION BOUNDARIES ON EARTH
SURFACE WITHIN COALFIELDS OF ABANDONED MINES

Survey of the geodynamical zone manifestations within coalfields of two abandoned mines is presented. Geodynamical zones are supplemental paths of methane migration from waste space of abandoned mines to air. The method for determination of geodynamical zone propagation boundaries on earth surface was developed. Predicted boundaries were confirmed by field studies of methane content in soil.

Keywords: geodynamical zones, propagation boundaries, coalfield, abandoned mines, methane migration path, methane content

Статья поступила в редакцию 24 марта 2010 года