

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ МЕТАНА ИЗ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА К ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Д.М. Житленок, А.А. Подрухин, Институт физики горных процессов НАН Украины, Украина

В статье приведен метод определения границ распространения геодинамических зон на земной поверхности. Геодинамические зоны являются дополнительными путями миграции метана из выработанного пространства закрытых шахт на поверхность. Разработанный метод позволяет с помощью ПК определять границы распространения геодинамических зон.

В настоящее время в Украине активно проводится поиск альтернативных источников энергоносителей. Одним из таких источников является шахтный метан. Поскольку на территории Донецкой и Луганской областей расположено большое количество закрытых шахт (свыше 60), то их следует рассматривать в качестве источника метана.

Для оценки ресурсов метана закрытых шахт, прежде всего, необходимо учитывать все возможные пути эмиссии метана из выработанного пространства на поверхность, поскольку метан может сохраниться только в изолированных участках выработанного пространства.

В ИФГП НАН Украины в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Извлечение метана закрытых шахт: горно-геологическое и технологическое обоснование на 2011-2015 гг.» был разработан метод определения перспективных участков выработанного пространства закрытых шахт. Данный метод учитывает как традиционные пути миграции метана [1] из выработанного пространства к земной поверхности (пласты трещиноватых песчаников и разрывные нарушения, имеющие выход на земную поверхность), так и альтернативные [2] (геодинамические зоны, являющиеся отражением скрытых разрывных нарушений). На земной поверхности геодинамические зоны проявляются в виде линейно вытянутых отрицательных форм рельефа, называемых в литературе [2] линеаменами. Глубина распространения геодинамических зон локального характера составляет 50 – 200 м, ширина: 10 – 50 м.

В ИФГП НАН Украины разработана методика расчета [3], позволяющая определить количество метана и время процесса его эмиссии из выработанного пространства к земной поверхности для условий каждой конкретной закрытой шахты. При этом одним из главных параметров для расчетов является площадь проявления ГДЗ и ее привязка к рельефу земной поверхности горного отвода угольной шахты. Для определения площади проявления ГДЗ в рельефе земной поверхности было выполнено численное моделирование линеаментного анализа, позволяющее анализировать рельеф земной поверхности при помощи прикладных программ на персональном компьютере.

Для выполнения линеаментного анализа земной поверхности при помощи ПК была использована программа MathCAD [4]. Исходными данными были координаты высотных отметок в узлах пересечения сетки.

Для построения плана поверхности, как в плоском, так и в объемном виде был использован метод кубической сплайн-интерполяции, поставляемый в комплекте с программным обеспечением MathCAD. Кубическая сплайн-интерполяция (cspline) позволяет провести кривую через набор точек таким образом, что первые и вторые производные кривой непрерывны в каждой точке. Эта кривая образуется путем создания ряда кубических полиномов, проходящих через наборы из трех смежных точек. Кубические полиномы затем состыкуются друг с другом, чтобы образовать одну кривую.

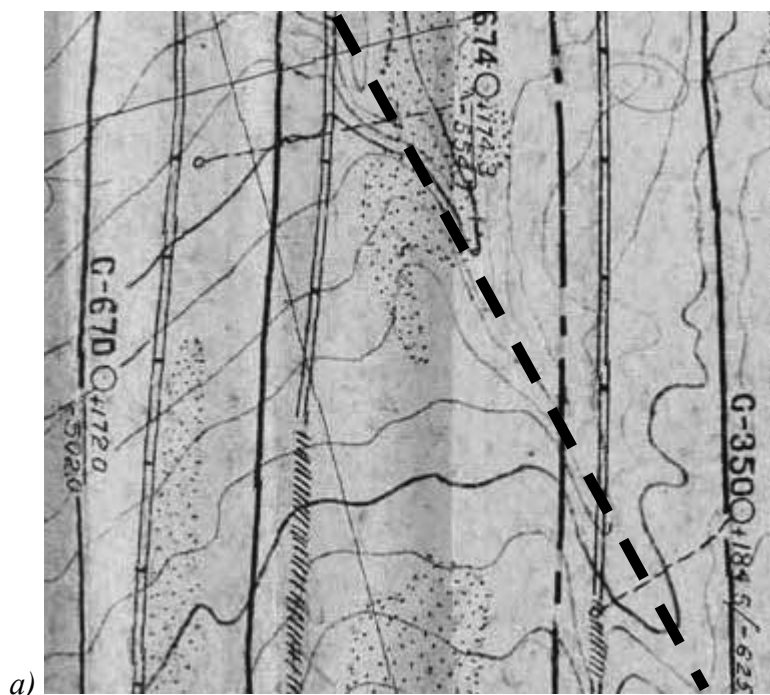
Смысл кубической сплайн-интерполяции заключается в том, что в каждом промежутке между узловыми точками осуществляется аппроксимация в виде зависимости:

$$A(t)=a*t^3+b*t^2+c*t+d \quad (1)$$

Коэффициенты a, b, c, d рассчитываются независимо для каждого промежутка, исходя из значений y_i в соседних точках. Участки парабол называются сплайнами.

Сплайн-интерполяция обеспечивает равенство в узлах не только самих соседних параболических интерполирующих функций (сплайнов), но и их 1-х производных. Благодаря этому сплайн-интерполяция выглядит как очень гладкая функция.

Апробация метода определения границ линеаментов проводилась на территории горных отводов двух закрытых шахт: «Кировская» и «№13-бис». На планах поверхности были выбраны участки размером 500x500 м, где присутствуют линейно вытянутые отрицательные структуры рельефа (линеаменты), которые поделили сеткой шагом 50 м. Затем в узлах пересечения сетки были отмечены данные высотных отметок рельефа земной поверхности и составлены матрицы отметок, которые сохранялись в виде таблиц в текстовых документах (.txt), необходимых для дальнейшей обработки. В качестве примера эти данные по шахте «Кировская» приведены на рис. 1.



а)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	179.9	177.5	175	172	169.5	166.2	164.5	162	159.9	157.5	145
1	180	177.8	175.5	172.5	170.2	168	165	163	160	146.5	154.5
2	180.5	178	175.5	172.5	170.5	168.2	166.1	164.2	151	157	159
3	181.5	178.2	175	172.8	171.5	170	165	159	162	163	161.9
4	182.1	179	175.5	173.5	172.2	169	162	167	166	164.5	163.5
5	182	179.5	176.5	175	172	162	170	169	167.5	166	165
6	183	180.1	177.5	176	162.5	174	171.9	170.5	169	167.5	166
7	183	180	178.2	176.1	162.5	176	173.5	172.5	170.5	169	167.5
8	183.5	180.1	178	164	175.5	176.5	175.5	174	172.5	171	169.5
9	184	181	178.2	168	178.5	178	177.5	176.5	174.5	173	172
10	184	181	172.5	180.5	180.2	180.2	180	178.5	176.5	175	173.5

б)

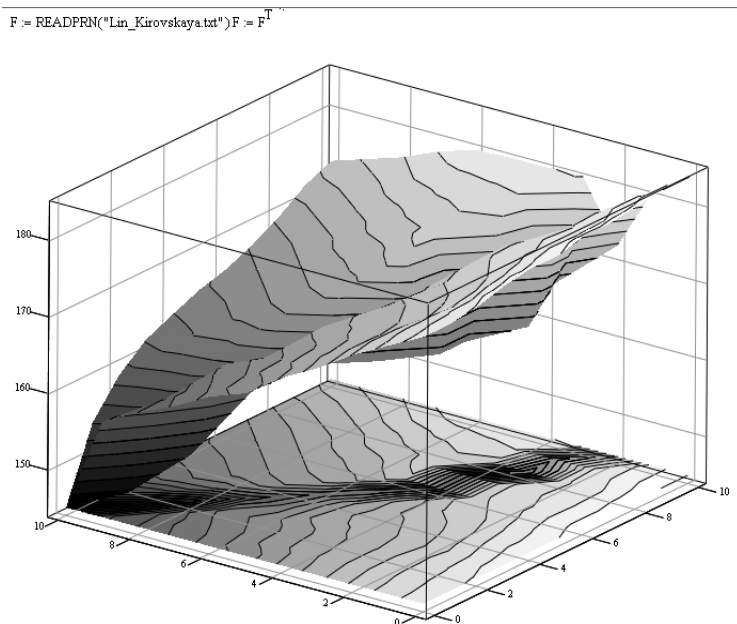
Рис. 1 Выкопировка с плана поверхности с нанесенными центрами проявления линеаментов (а) и таблица исходных данных высотных отметок (б) исследуемого участка шахты «Кировская».

Исходные матрицы обрабатывались при помощи математического метода кубической сплайн-интерполяции, реализуемого в программе MathCAD. По результатам обработки были

получены электронные варианты карт изолиний исследуемых участков, как в плоском, так и в объемном виде. На рис. 3 приведены карты участка горного отвода шахты «Кировской».

Затем в программе MathCAD выполнялась обработка матриц методом поиска минимальных значений. Земная поверхность рассматриваемых шахт отличается тем, что на участке горного отвода шахты «№13-бис» присутствуют 2 линеамента, в то время как на втором участке (ш. «Кировская») – всего один. Поэтому алгоритмы определения границ линеаментов для участков ш. «№13-бис» и «Кировская» будут различаться. На рис. 4 показан алгоритм обработки данных по ш. «Кировская», где F – матрица исходных данных; A – массив минимальных значений матрицы F ; M – полученная матрица границ распространения линеамента. Результат обработки приведен на рис. 5.

a)



б)

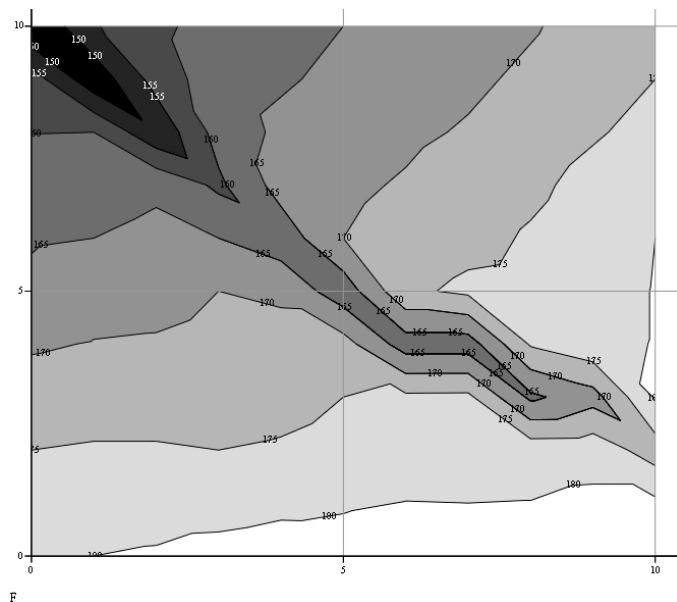


Рис. 3. Карты изолиний рельефа земной поверхности в плоском (a) и объемном (б) виде на примере участка горного отводов закрытой шахты «Кировская».

Для шахты «№13-бис» алгоритм сначала вычисляет границы линеамента наиболее ярко выраженного в рельефе земной поверхности (линеамент 1-го порядка), а затем границы менее выраженного в рельефе земной поверхности линеамента (линеамент 2-го порядка).

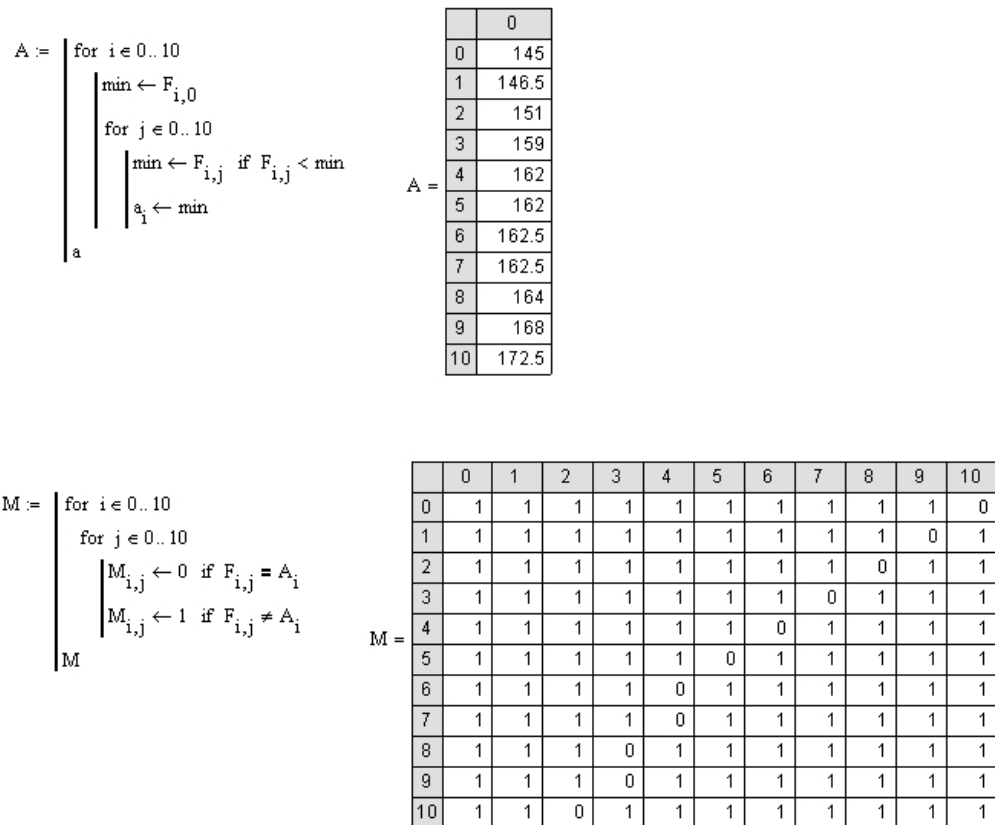


Рис. 4. Алгоритм обработки матрицы исходных данных для определения границ распространения линеаментов на участке горного отвода ш. «Кировская».

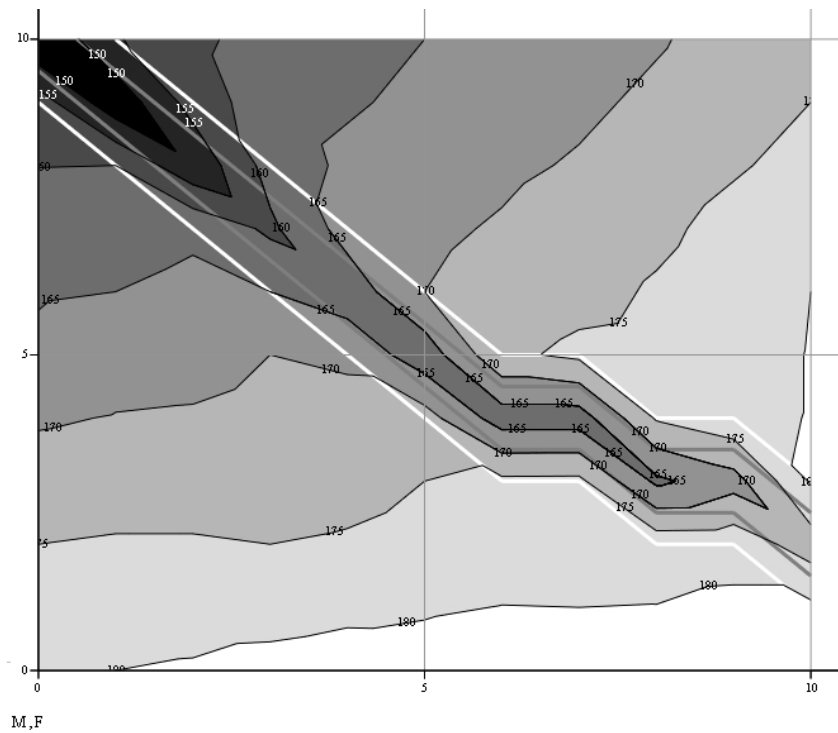


Рис. 5. Границы распространения линеаментов на участке горного отвода закрытой шахты «Кировская».

После выполнения вычислений, полученные на картах области проявления линеаментов соединялись прямыми линиями по точкам соприкосновения и в результате были получены площади проявления геодинамических зон на земной поверхности (рис. 6), которые впоследствии определялись исходя из масштаба карты (расстояние между отметками по осям составляет 50 м).

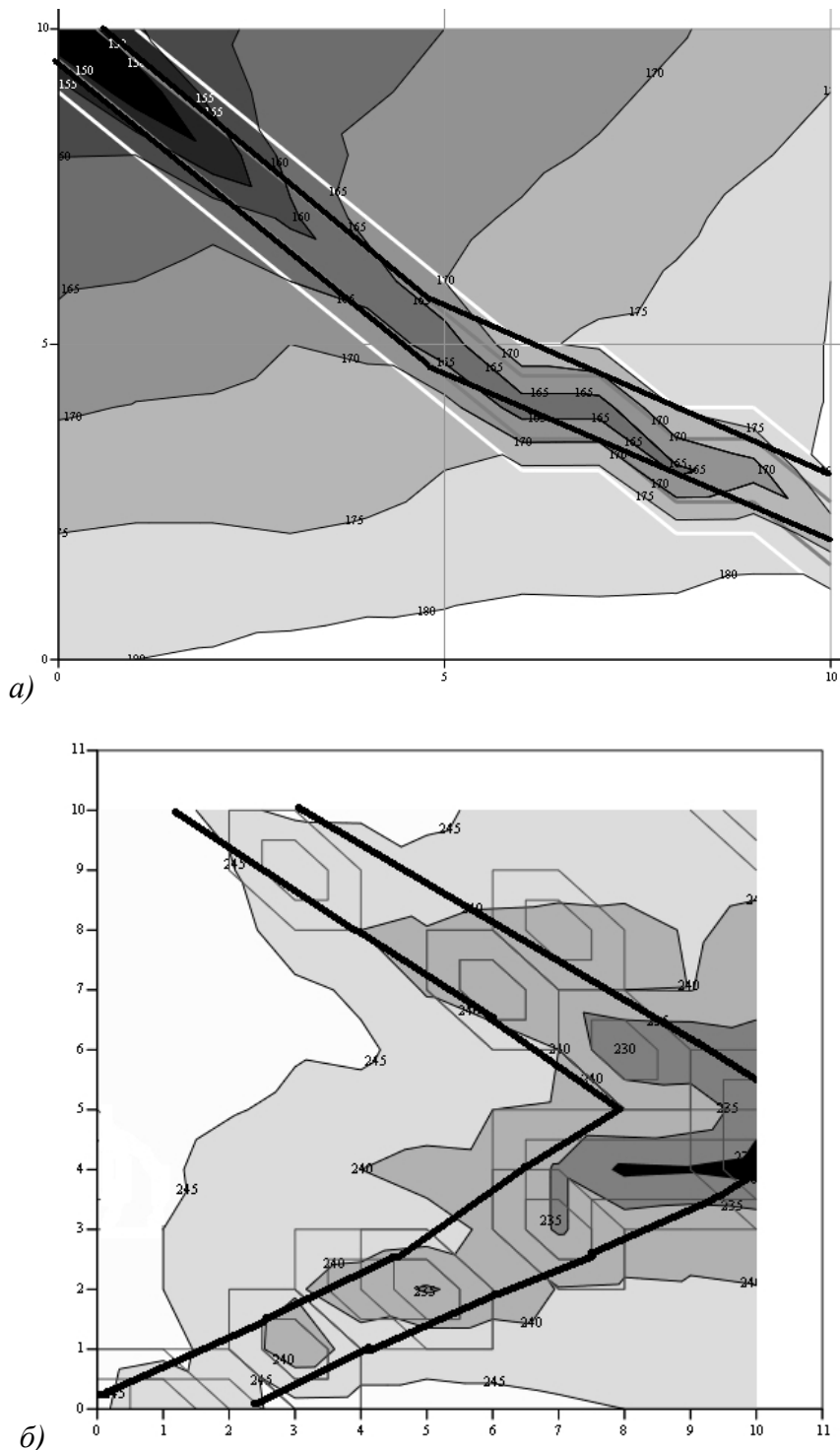


Рис. 6. Площади проявления геодинамических зон на земной поверхности в пределах исследуемых участков горных отводов: а) шахта «Кировская», б) шахта «№13-бис».

Таким образом, разработанный метод позволяет не только получить план поверхности в плоском и объемном виде, но и рассчитать границы распространения линеаментов на земной поверхности используя набор координат высотных отметок в пределах исследуемого участка. Это позволяет в дальнейшем выполнить расчеты по прогнозу выделения метана из выработанного про-

пространства закрытых шахт на дневную поверхность в пределах геодинамических зон.

Список литературы

1. Защита зданий от проникновения метана / Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 2001. – 61 с.
2. Воевода Б.И. Геодинамика и ее экологические проявления / [Воевода Б.И., Соболев Е.Г., Русанов А.Н., Савченко О.В.] // Наукові праці ДонДТУ: Серія гірничо-геологічна. Вип.. 23. – Донецьк, ДонДТУ, 2001. – С. 3-10.
3. Гринев В.Г. Исследования процесса миграции метана из выработанного пространства закрытых шахт / [Гринев В.Г., Сергиенко А.И., Подрухин А.А.] // Сб: Физико-технические проблемы горного производства, ИФГП НАНУ, №12 Донецк, 2009. – С. 74-79.
4. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс / Макаров Е.Г. // СПРб.: Питер, 2005. – 448 с.

УДК 622.794.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОСАДКОВ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВЛАГИ В ПОРАХ

*Е.И. Назимко, В.Г. Науменко, Государственный ВУЗ
«Донецкий национальный технический университет», Украина*

Приведены результаты исследования влияния проницаемости осадков на перемещение влаги в порах. Показано, что потери напора проявляются неоднозначно по длине поры и с течением времени в зависимости от величины диффузионного фактора.

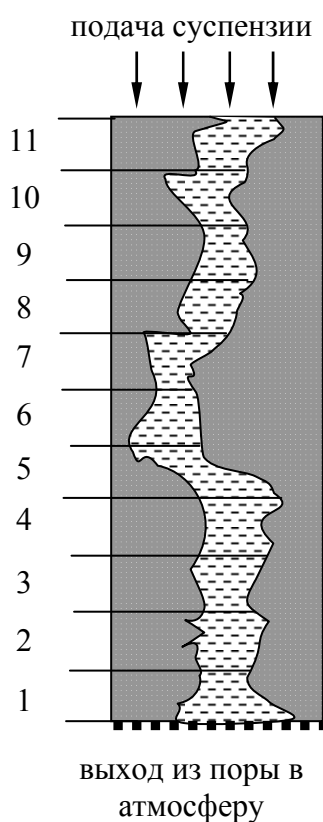


Рис. 1. Схема единичной поры в слое осадка

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Известно, что продукты шламовой крупности удерживают наибольшее количество влаги по сравнению с другими продуктами технологической цепочки обогащения. Это связано с высокоразвитой поверхностью мелких и тонких материалов и специфическими свойствами тонких водных пленок [1, 2]. Поэтому исследование сложных процессов, протекающих в сети капилляров в осадке продолжает оставаться актуальной научно-технической задачей. При этом возникает необходимость решения новых теоретических и практических вопросов.

Анализ исследований и публикаций. Такие параметры как градиент давления, сопротивление осадка, капиллярные явления, микроструктура порового пространства, форма и размер частиц, пористость, удельная поверхность и др. определяют скорость прохождения воды в пористом теле осадка. Исследование сложных процессов перемещения влаги в осадках сопряжено с определенными трудностями. Поэтому принимают некоторые упрощения и допущения. Наибольшее распространение получила модель, которая изображает поровую среду как развитую сеть каналов и расширений [3]. Такую сеть можно считать неполным ориентированным мультиграфом [4]. При этом вершины графа соответствуют отдельным порам. При исследовании процессов, происходящих в объеме осадка в ходе удаления влаги, сложно учесть свойства отдельных пор, из-за чего многие исследователи используют интегральный подход. Однако, рассмотрение движения жид-