

УДК 622.834

ГАВРИЛЕНКО Ю.Н., АНДРИАНОВА Е.Д. (Донецкий национальный технический университет)

АНАЛИЗ НАЛОЖЕНИЯ ЗОН ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО ЗАЛЕГАЮЩИХ ПЛАСТОВ

Рассмотрены существующие методики расчета вероятных деформаций земной поверхности. Предложена методика анализа наложения зон влияния горных работ на основе ГИС технологий, позволяющая выполнять анализ на всей площади шахтного поля. Анализируются вероятности наложения очистных выработок и зон влияния от различного числа пластов.

Расчет вероятных деформаций производится при проектировании нового строительства, когда календарные планы горных выработок неизвестны.

Существующие методики расчета вероятных деформаций могут быть разделены на две группы:

1. Деформации от различных разрабатываемых пластов являются равновероятными, и поэтому суммирование деформаций производится аналогично суммированию случайных величин [1, 2]. В этом случае не учитываются тенденции в технологии ведения горных работ с учетом угла падения пластов, очередности отработки пластов с учетом их ценности и защитного действия, качества углей и т.д.

2. Деформации от отдельных пластов свиты суммируются с учетом коэффициента влияния отдельных пластов, и суммирование выполняется пропорционально коэффициентам влияния, при этом коэффициенты устанавливаются на основе ограниченных данных по отдельным линиям разреза в местах наиболее интенсивной отработки свиты пластов [3, 4].

В ныне действующих «Правилах подработки...» [7] использованы оба подхода. В основу методики расчета вероятных деформаций положены результаты исследований, выполненные в 80-е годы прошлого века и обобщенные в работах [5, 6]. Для расчета деформаций вкрест простирания приняты коэффициенты влияния отдельных пластов, а для деформаций по простиранию использовано квадратичное суммирование. Предложенные коэффициенты влияния были получены на основе анализа вертикальных разрезов вкрест простирания, построенных по фактическим планам горных выработок шахт Донбасса. Положение разрезов выбирались с учетом наличия наибольшего числа совместно обрабатываемых пластов и выработок в них. При этом коэффициенты влияния по простиранию вообще не рассматривались. Для очень пологого или горизонтального пластов имеет место неоднозначность при расчете деформаций, вызванная неопределенным направлением простирания.

При обосновании методики расчета вероятных деформаций важно оценить вероятность выемки под некоторой точкой земной поверхности определенного числа пластов и то, как зоны влияния этих пластов накладываются друг на друга. При этом целесообразно выполнять указанный анализ не отдельным линиям, положение которых выбирается субъективно, а по всей площади шахтного поля. Такой детальный анализ можно осуществить только с использованием ГИС технологий.

Сущность разработанной методики анализа наложения зон влияния горных работ поясним на примере анализа взаимного пространственного положения горных выработок в нескольких пластах (рис.1).

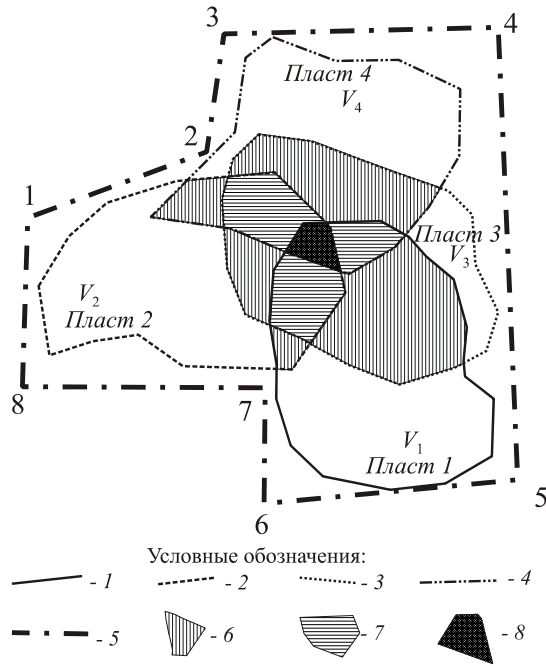


Рис.1. К анализу наложения зон горных работ в нескольких пластах:

1 – 4 – общий контур горных выработок соответственно по пластам 1, 2, 3, 4; 5 – граница шахтного поля; 6 – зона наложения горных работ по двум пластам; 7 – зона наложения горных работ по трем пластам; 8 – зона наложения горных работ по четырем пластам

Пусть в пределах границ шахтного поля, ограниченного контуром 1, 2, 3, ... 8 и имеющего площадь S_0 , осуществлялась отработка четырех угольных пластов.

Область отработки каждого пласта обозначим через V^i . Ее получение осуществляется путем объединения всех очистных выработок пласта в общую область. При этом не имеет значения примыкают или нет отдельные выработки друг к другу (рис.2). Данную операцию можно представить следующим образом:

$$V_i = v_1^i \cup v_2^i \cup \dots \cup v_j^i \cup \dots \cup v_n^i, \quad (1)$$

где V_i – множество горных работ по i -тому пласту; $v_1^i, v_2^i, \dots, v_j^i, \dots, v_n^i$ – выработки по i -тому пласту; n – количество выработок в i -том пласте.

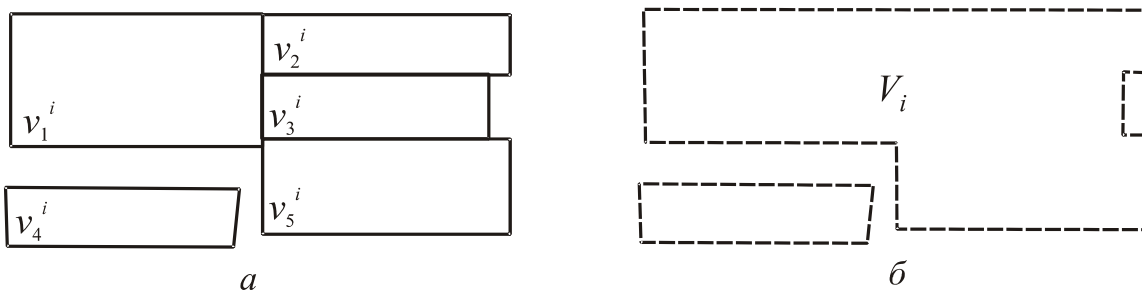


Рис.2. Объединение областей в одно множество: а – исходные области v_j^i ; б – объединенные области в одно множество V_i .

Если обозначить суммарную площадь всех выработок в пласте, т.е. площадь множества V_i через S_{V_i} , то полнота отработки отдельного пласта, то есть вероятность отработки пласта в любой точке шахтного поля, может быть вычислена по формуле:

$$P_1 = \frac{S_{V_i}}{S_0}. \quad (2)$$

Для выделения зон наложения горных работ по двум и более пластам необходимо определить области пересечения нескольких множеств V_i . Рассматривая различные возможные комбинации пересечения отдельных множеств (см. рис.1) можно выделить зоны, в которых накладываются горные работы двух W_2 , трех W_3 и четырех W_4 пластов и т.д. Области наложения двух и более пластов в случае отработки четырех пластов определяется следующими выражениями:

$$\begin{aligned} W_2 &= (V_1 \cap V_2) \cup (V_1 \cap V_3) \cup (V_1 \cap V_4) \cup (V_2 \cap V_3) \cup (V_2 \cap V_4) \cup (V_3 \cap V_4); \\ W_3 &= (V_1 \cap V_2 \cap V_3) \cup (V_1 \cap V_2 \cap V_4) \cup (V_1 \cap V_3 \cap V_4) \cup (V_2 \cap V_3 \cap V_4); \\ W_4 &= (V_1 \cap V_2 \cap V_3 \cap V_4). \end{aligned} \quad (3)$$

Учитывая, что области наложения трех пластов будут содержать области наложения двух пластов, а области наложения четырех пластов будут содержать как области наложения двух пластов, так и области наложения трех пластов, имеет смысл отдельно выделить зоны, в которых будут накладываться **только** два пласта R_2 или **только** три пласта R_3 . Для получения области наложения только двух пластов необходимо из зон наложения двух пластов вычитать зоны наложения трех и четырех пластов

$$R_2 = (W_2 \cup \bar{W}_3) \cup \bar{W}_4. \quad (4)$$

Область наложения только трех пластов получается вычитанием из области наложения трех пластов области наложения четырех пластов

$$R_3 = W_3 \cup \bar{W}_4. \quad (5)$$

Если обозначить через S_{W_i} и S_{R_i} площади выше указанных областей, то можно определить соответствующие вероятности

$$P_2 = \frac{S_{W_i}}{S_0}. \quad (6)$$

$$P_3 = \frac{S_{R_i}}{S_0}. \quad (7)$$

В данных формулах: P_2 – это вероятность того, что под любой точкой шахтного поля будет отработано определенное число пластов; P_3 – вероятность того, что под любой точкой шахтного поля будет отработано **только** определенное число пластов;

Рассмотренный подход определения взаимного положения и вычисления вероятностей может применяться и для анализа наложения зон влияния горных работ на земной поверхности. Для этого в первую очередь должна быть построены зоны влияния горных работ от каждого пласта. Схематично эту операцию при горизонтальном

залегании пласта можно проиллюстрировать схемой, приведенной на рис.3. От границ области V_i в пласте необходимо отложить граничные углы δ_0 и на пересечении с дневной поверхностью будут получена граница области V_i на земной поверхности. Практически необходимо выполнить расчет ожидаемых деформаций от всех очистных выработок каждого пласта, построить общую мульту сдвижения и определить ее границу. Далее, как описано выше, определяется области W_i и R_i . Они будут характеризовать взаимодействие и наложение зон влияния горных работ на земной поверхности.

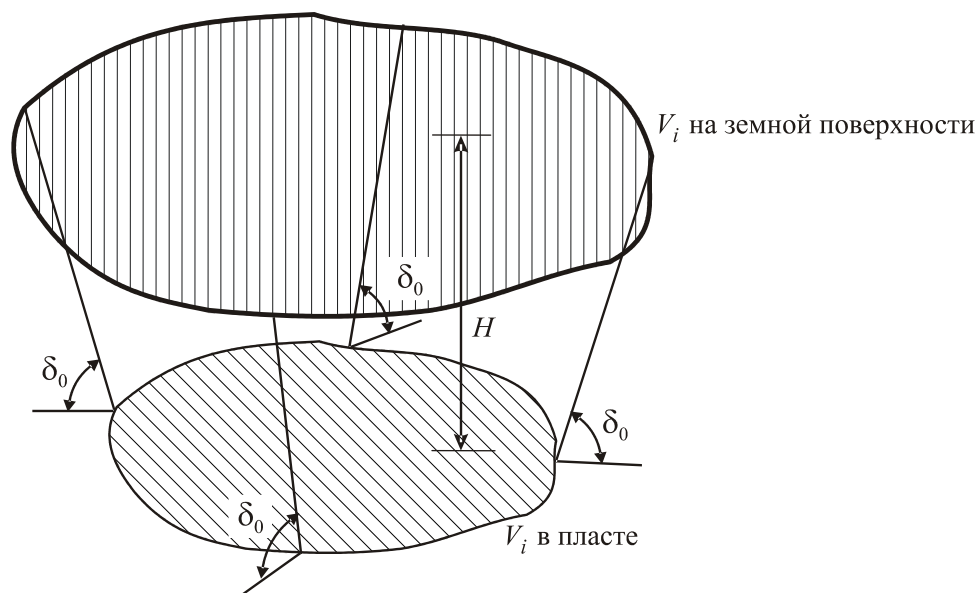


Рис.3. Построение области влияния пласта на земной поверхности

Указанные булевские операции с областями (объединение, пересечение и вычитание) полноценно можно выполнить только с использованием ГИС инструментария. Исходя из этого предлагается следующая технология анализа. По растровым изображениям планов горных выработок выполняется векторизация очистных выработок в каждом пласте. Параллельно с этим в базы данных заносится информация, необходимая для расчета ожидаемых деформаций земной поверхности. Для каждой очистной выработки необходимо задать следующую атрибутивную информацию: название пласта и лавы; годы ведения горных работ в лаве; угол падения пласта в пределах выработки; вынута мощность; средняя глубина отработки; размеры целиков со всех сторон очистной выработки на момент ее проведения. В тех случаях, когда очистная выработка имеет сложную форму, проводится аппроксимация контура выработки для расчета оседаний прямоугольником с сохранением площади отработки. Ожидаемые деформации рассчитываются от всех очистных выработок на всей подработанной территории с суммированием и выбором максимальных значений в соответствии со временем проведения работ.

По предложенной методике был выполнен анализ для трех соседних шахт Львовско-Волынского бассейна: «Межиричанская», «Великомостовская» и «Бендюзка». Каждая шахта обрабатывает четыре угольных пласта: пласт n_7^H «Сокольский», n_7^6 «Западно-Бугский», n_8 «Межреченский», и n_8^6 «Тонкий III».

Горно-геологические условия отработки характеризуются практически горизонтальным залеганием пластов. Поэтому направления падения и простирания в целом по всей рассматриваемой территории однозначно не могут быть определены. Углы падения пластов изменяются от 0 до 5 градусов, не имеют постоянной величины и направ-

ления, что обуславливает возможность проведения очистных работ в различном направлении. Очистные работы, проводимые в различных пластах, не имеют общей направленности (рис.4).

Рассматриваемые пласты относятся к категории тонких и имеют мощность от 0,5 до 2 м. Глубина залегания самого верхнего пласта n_8^6 колеблется от 359 м до 465 м, самого нижнего n_7^H – 399–505м. По сравнению с общей площадью отработки, обозначенной техническими границами шахт, эти колебания являются незначительными, и можно считать, что пласты имеет практически горизонтальное залегание.

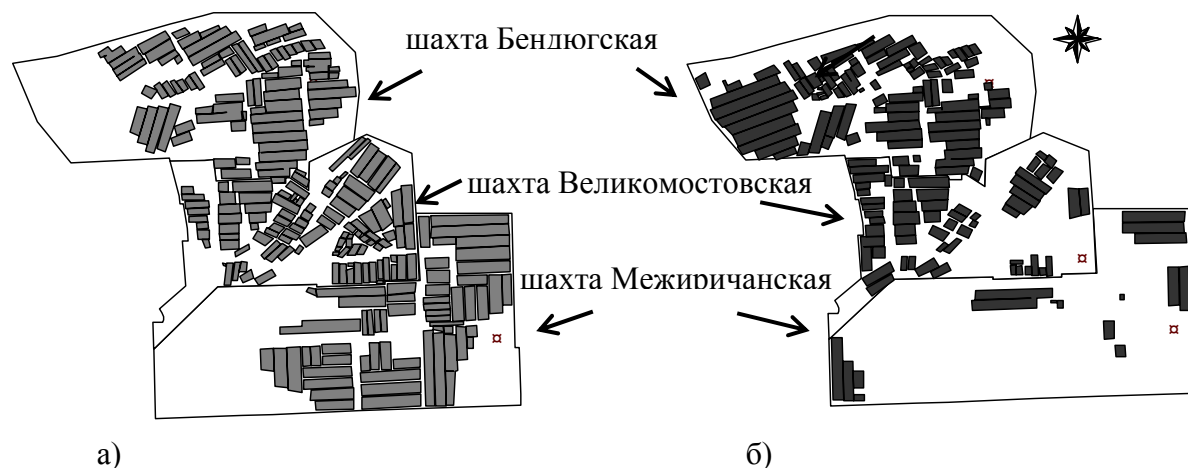
Пространственный анализ взаимного положения горных выработок выполнялся в ГИС ArcView. Была выполнена векторизация 622 очистных выработок. Общая площадь горных отводов шахт, а следовательно площадь выполнения анализа, составила около 30 км².

Анализ зон взаимного наложения контуров горных выработок выполнялся как для территории каждой шахты, так и для общей территории (табл. 1). По формулам (2) и (6) рассчитывалась вероятности P_1 и P_2 отработки под некоторой точкой различного числа пластов.

В графическом виде эти данные представлены на рис.5,а (нижняя кривая). Данные по наложению зон влияния на поверхности по территории всех шахт представлены верхней кривой на этом же рисунке. Расположение зон пересечения четырех, трех, двух и одного пласта на всей подрабатываемой территории представлено на рис.4,д.

На основе результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. При анализе общей подработки территории по объединенным площадям очистных выработок, в среднем отработка запасов составила 66% от общей площади, заданной техническими границами трех соседних шахт. Под остальной частью земной поверхности отработка пластов не производилась.



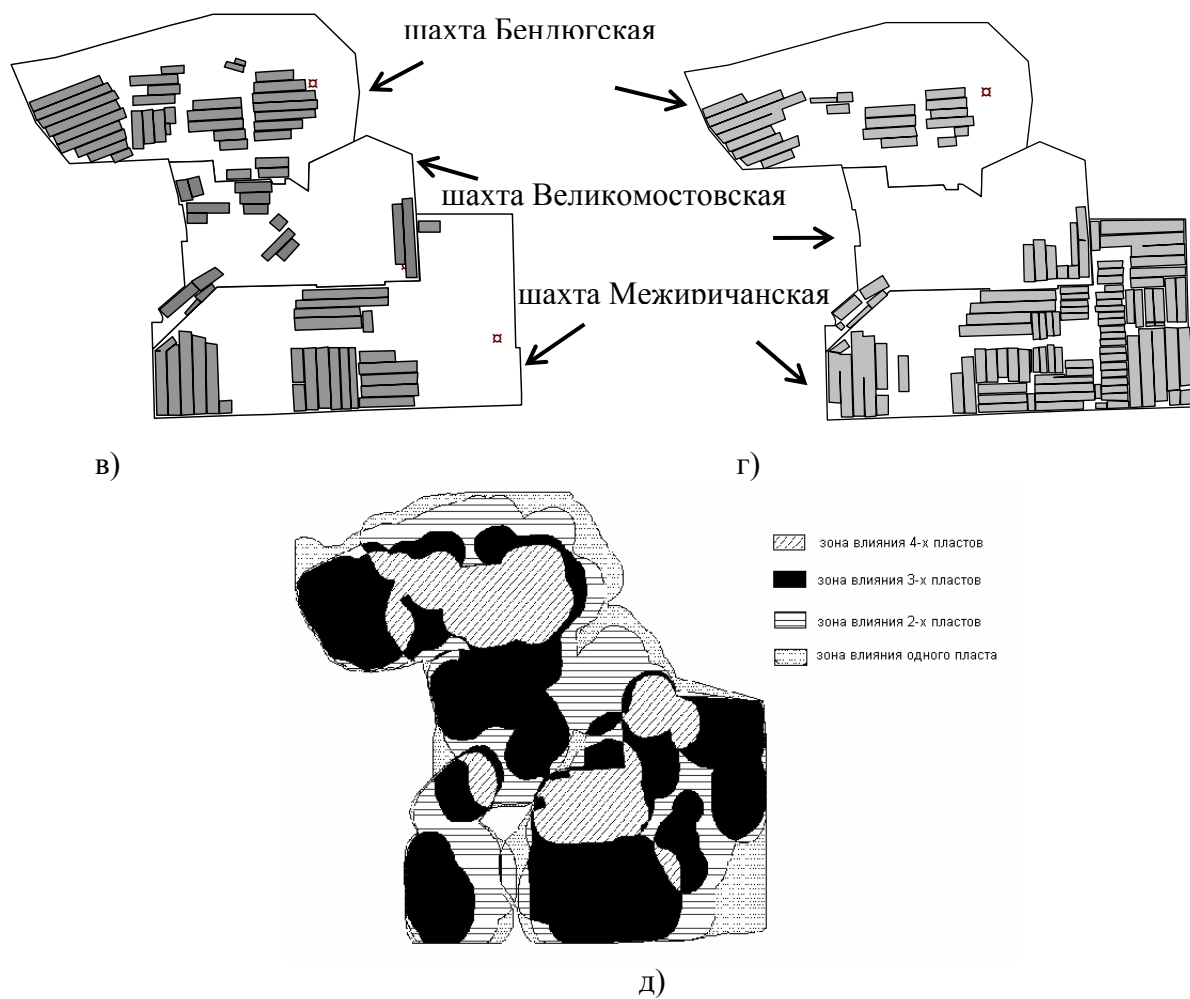


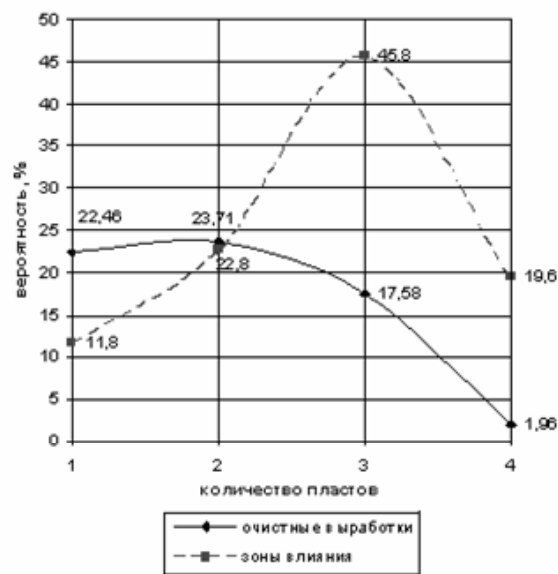
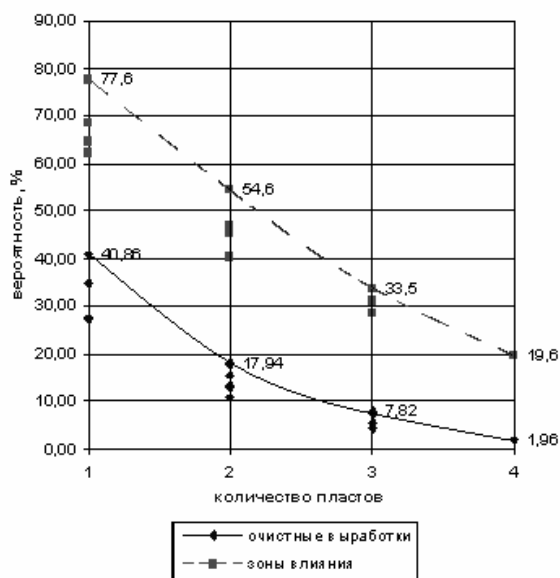
Рис. 4. Схема расположения очистных выработок по трем шахтам по пластам:

- а) n_7^H «Сокольский»; б) n_7^B «Западно-Бугский»; в) n_8^H «Межреченский»;
 г) n_8^B «Тонкий III»; д) зоны влияния горных выработок

Табл. 1. Вероятность выемки различного числа пластов под некоторой точкой земной поверхности

Число пластов	Комбинация пересечения пластов	Вероятность выемки пластов на территории шахт, %			
		«Межиричанская»	«Великомостовская»	«Бендюгская»	По трем шахтам
1	N_7^H	40,3	44,6	38,9	40,9
1	N_7^B	11,5	31,7	43,1	27,5
1	N_8^H	28,8	17,2	32,8	27,4
1	N_8^B	61,4	11,3	20,2	34,8
2	N_7^H, N_7^B	6,3	21,9	22,3	15,7
2	N_7^H, N_8^H	13,6	10,7	13,8	13,0
2	N_7^H, N_8^B	34,3	5,8	6,6	17,7
2	N_7^B, N_8^H	5,1	9,5	25,3	13,3
2	N_7^B, N_8^B	10,7	2,6	16,3	10,7

2	N_8, N_8^B	24,9	5,9	18,2	17,9
3	N_7^H, N_7^B, N_8	0,6	7,0	10,2	5,5
3	N_7^B, N_8, N_8^B	4,8	1,9	15,0	7,7
3	N_7^H, N_8, N_8^B	12,4	2,8	6,0	7,8
3	N_7^H, N_7^B, N_8^B	6,0	1,2	4,8	4,4
4	N_7^H, N_7^B, N_8, N_8^B	0,6	0,6	4,4	2,0



а) б)
Рис. 5. Вероятность наложения очистных выработок и зон влияния от различного числа пластов: а) вероятности P_1 и P_2 ; б) вероятность P_3

2. Вероятность выемки 4-х пластов под некоторой точкой земной поверхности очень мала (не более 5%). Также невелика вероятность выемки трех пластов (до 15%). Вероятность того, что под некоторой точкой будет производиться выемка двух пластов, не превышает 35%, а одного пласта – 62% (см. табл.1). В среднем по всей рассматриваемой площади эти вероятности составляют 2%, 8%, 18% и 42% соответственно для 4-х, 3-х, 2-х и 1 пласта.

3. Анализ наложения зон влияния на земной поверхности (рис.5,а) показал, что вероятность попадания точки земной поверхности в зону влияния четырех пластов 19,6%, в зону влияния трех пластов – 33,5%, в зону влияния от двух пластов – 54,6%, в зону влияния одного пласта – 77,6%.

Вероятность того, что точка попадет в зону влияния, именно 3-х пластов, является максимальной и составляет около 46% (рис.5,б). Ниже вероятность влияния только двух пластов – 23%.

Зоны влияния одного пласта располагаются по периметру исследуемой области и являются мало информативными, так как на эти области могут оказывать влияние соседние шахты, которые не рассматривались.

4. Предложенную методику необходимо расширить с точки зрения анализа вероятностей наложения зон влияния однозначных деформаций земной поверхности.

Библиографический список

1. **Муллер Р.А.** Упрощенный способ расчета деформаций земной поверхности при отсутствии плана развития горных работ // Сборник трудов по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород: Сборник научных трудов №43. – Л.:ВНИМИ, 1961 – с.60-77.
2. **Правила охраны** сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Министерство угольной промышленности СССР. – М., Недра, 1981, 288с.
3. **Медянцеv А.Н.** Совместное влияние разработки свиты пластов на земную поверхность и сооружения. //Уголь Украины. - 1958, - №4. – с.12-15.
4. **Медянцеv С.А.** Оценка совместного влияния на земную поверхность горных выработок в свите пологих пластов. //Уголь Украины. - 1984, - №1. - с.43-44.
5. **Петухов И.А., Земисев В.Н., Файнштейн Ю.Б.** Современные методы прогнозирования вероятных сдвижений и деформаций земной поверхности в сложных условиях // Сборник трудов по вопросам прогнозирования сдвижений и деформаций горных пород и устойчивости бортов разрезов при разработке угольных месторождений: Сборник научных трудов – Л.:ВНИМИ, 1981– с.3-10.
6. **Земисев В.Н.** Методы прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности под влиянием подземных разработок в сложных горно-геологических условиях // Способы управления деформациями горного массива, подрабатываемых сооружений, бортов разрезов и природных объектов при разработке свит угольных пластов: Сборник научных трудов. – Л.: ВНИМИ, 1986 – с.76-82.
7. **Правила підробки** будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом / Галузевий стандарт України ГСТУ 101.00159226,001 – 2003 // К.: Мінпаливенерго, 2004. – 128с.

© Гавриленко Ю.Н., Андрианова Е.Д., 2009