

С.Н. Лис, Ж.П. Вареха

САМООРГАНИЗАЦИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА НЕГО

Проведение выработок в горном массиве и воздействие на него взрывных работ приводит к дифференциации массива на зоны различного геомеханического и газодинамического состояния. Выявление закономерностей образования и распространения зон различной степени дезинтеграции имеет большое значение для обеспечения безопасности горных работ и извлечения газа из угольного массива с целью использования его в качестве дешевого топлива. В пределах зоны интенсивного развития эксплуатационной трещиноватости в междупластовой толще трещины смещения и сдвижения вмещающих разрабатываемый пласт пород является путями миграции метана из угольных пластов. Проведенные авторами аналитические исследования позволили определить алгоритм взаимозависимости размеров зон геомеханического и газодинамического состояния в горном массиве, нарушенном горными работами. Эти зоны являются элементами единой термодинамической системы – горный массив. Связанные отношением элементы системы выражают ряд интенсивностей («степеней») параметров системы, что в действительности воплощено в ряде следующих друг за другом четко различающихся между собой специфик или состояний качества. Пространственные связи, лежащие в основании системной организации пород – важнейшие из тех, что создают ее реальную значимость, структурную оформленность, обуславливают последовательность изменения состояния этой системы. Проведенные исследования показали, что структура системы горных пород при техногенном воздействии на него подчиняется четкому математическому закону, независящему от способа воздействия на него.

Ключевые слова: зоны геомеханического состояния, подработка, газовая динамика, горный массив, дегазация, газопроницаемость, газопроводящая система

Выемка пласта угля нарушает термодинамическое равновесие горного массива. Это приводит к перераспределению горного давления и переходу горного массива в новое состояние равновесия. Такой переход сопровождается изменением геомеханического состояния подработанного горного массива. В результате над и под выработанным пространством

образуется ряд зон с различным геомеханическим состоянием горных пород.

Выявление закономерностей образования и распространения зон различной степени дезинтеграции имеет большое значение для поддержания выработок при горных работах, а также для извлечения газа из угольного массива с целью обеспечения безопасности горных работ и использования его в качестве энергоносителя.

Основной эффект подработки породного массива заключается в его частичной разгрузке от горного давления, возникновении растягивающих усилий, раскрытии природных (тектонических, эндогенных и кливажных) трещин и макропор и появлении новых (эксплуатационных) трещин, в результате чего резко увеличивается фильтрационная способность и газопроницаемость массива.

Следует отметить, что основной объем исследований по влиянию подработки горного массива проводился с целью разработки эффективных мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа и горными ударами. Термин «защищенная зона» подразумевает эти же факторы. Чрезвычайная сложность и неустойчивость процесса разрушения заставляет применять при определении защищенных зон в области подработки достаточно простые, приближенные методы расчета с необходимым коэффициентом запаса [1].

При подработке установлена также большая эффективность дегазации пластов [2, 3], т. к. свободный (в результате разгрузки) метан легко дренирует в направлении обнажений, даже если они значительно удалены. Разрыхление пород обеспечивает миграцию газа не только в направлении напластования, но и в направлении боковых пород. В зоне разгрузки массива, характеризующейся интенсивным движением пород, может быть получен максимальный разгрузочный эффект по снижению газообильности пластов и склонности их к внезапным выбросам угля и газа, повышению эффективности дегазации.

При сдвигении вмещающих разрабатываемый пласт толщ пород в пределах свода, в зависимости от времени с момента прохода очистного забоя и расстояния по нормали между разрабатываемыми и смежными пластами (мощность междупластья), с позиций изменения газопроницаемости толщи, прослеживаются три условные зоны [4]: зона сквозных газопроводящих трещин; зона сдвижения пород с разрывом их сплошности и образованием системы сообщающихся, фильтрующих десорбирующий метан, трещин и зона смещения породных слоев без раз-

рыва их сплошности, т. е. практически без заметного повышения газопроницаемости.

В пределах I зоны выемка защитного пласта обеспечивает значительную дегазацию угля подработанных пластов, причем величина остаточного давления метана в опасном пласте практически не зависит от величины природного давления. В пределах II зоны дегазация подработанного выбросоопасного пласта происходит менее интенсивно, чем в I зоне, а степень дегазации находится в обратной зависимости от радиуса защитного влияния. Остаточное давление газа в подработанном пласте мало зависит от величины природного давления. В III зоне происходит частичная, не имеющая значительного влияния на изменение степени выбросоопасности, дегазация подработанного пласта. Остаточное давление в подработанном пласте существенно зависит от величины природного давления [4].

Особенности деформирования пород кровли и почвы при различных величинах мощности междупластовых толщ определяют изменения в давлении метана и фильтрационных свойствах подработанного массива. Причиной, обуславливающей значительное снижение давления метана в смежных угольных пластах и повышение их фильтрационной способности, является разуплотнение вмещающих пород.

Увеличение газопроницаемости определяется степенью разгрузки от горного давления. В зонах максимальной разгрузки пород отмечается наибольшая их газопроницаемость и интенсивность газоотдачи смежного пласта. В этих зонах раскрытие существующих природных трещин и макропор и появление новых (эксплуатационных) трещин происходит с образованием практически единой газопроводящей системы, в результате чего в подрабатываемых угольных пластах нарушается состояние динамического равновесия системы уголь – метан – вода и начинается десорбция газа из угля. [4]. В пределах зоны интенсивного развития эксплуатационной трещиноватости в междупластовой толще трещины смещения и сдвигения, вмещающих разрабатываемый пласт пород, является путями миграции метана из смежных пластов в выработанное пространство разрабатываемого пласта. Поэтому большое значение для извлечения метана имеет знание границ зон различного газодинамического состояния в подработанном массиве, которые определяются геомеханическим состоянием массива в данной зоне.

Согласно существующим схемам сдвигения горных пород при выемке угольных пластов вся толща пород по величине на-

рушенности подразделяется на три зоны: обрушения, расслоений и плавного сдвижения без разрыва сплошности. Зона обрушения характеризуется потерей связности слоев и падением их на почву пласта. Зона расслоений оценивается наличием расслоений на контактах слоев различной литологии и прочности, а также системы трещин. Зона связного сдвижения не имеет признаков нарушения. Каждая зона в свою очередь подразделяется на ряд подзон, которые различные исследователи называют по-разному и поэтому не имеют четкого определения.

Сдвижение и разрыхление пород массива является следствием выемки пласта определенной мощности, чем больше вынимаемая мощность пласта, тем больше величина оседания и разрыхления пород. Следовательно, определяющим фактором, кроме мощности междупластия M , для подработанного массива является вынимаемая мощность подрабатываемого пласта m , поэтому здесь основным показателем является кратность подработки: $K = M/m$.

Имеющиеся сведения по границам зон различного геомеханического и газодинамического состояния горного массива над выработанным пространством нами сведены в табл. 1. Эти сведения получены разными исследователями в различных горно-геологических условиях, тем не менее, как показывает анализ, имеется общая закономерность расположения границ данных зон.

Таблица 1

Границы зон геомеханического и газодинамического состояния горного массива над выработанным пространством, определенные разными исследователями

№ зоны	Верхняя граница зоны, $K = M/m$	Характеристика зоны	Источники информации
I	3–6	Зона беспорядочного обрушения со средним коэффициентом разрыхления 1,137	И.М. Петухов [1]; А.Н. Медянцеv[5]; Т. Старонь[6]; КНИУИ [6; 8].
II	8–11	Зона динамических проявлений сдвижения. Прочные породы деформируются и разрушаются блоками. Снижение прочности угля в два раза, а упругости 2–4 раза.	И.М. Петухов [1]; А.Т. Айруни [4]; КНИУИ [9].

III	12–16	Зона трещин и разломов со средним коэффициентом разрыхления 1,042. Зона упорядоченного обрушения пород с прочностью больше 45,0 МПа. Зона интенсивного выделения метана.	Печерский бассейн; КНИУИ [9].
IV	20	Зона интенсивного расслоения.	И.М. Петухов [1] и др.
V	30–32	Верхняя граница интенсивного трещинообразования. Зона влияния подработки с разрывом сплошности. Область полной защиты от внезапных выбросов угля и газа.	И.М. Петухов [1]; А.Н. Медянцеv [5]; КНИУИ [7; 9].
VI	40	Зона водопроводящих трещин	И.М. Петухов [1]
VII	50	Сквозные газопроводящие трещины – каналы, образующие единую газопроводящую систему.	А.Т. Айруни [4].
VIII	60–64	Зона расслоений, образования полостей Вебера. Зона значительной естественной дегазации и практически полной защиты от внезапных выбросов угля и газа.	И.М. Петухов [1]; КНИУИ [9].
IX	73–80	Зона плавного прогиба слоев без разрушения их целостности. Наблюдается миграция метана.	А.Н. Медянцеv [5]; Лидин [10]; КНИУИ [7].
X	100	Предельная величина радиуса дегазирующего влияния подработки. Образование трещин, не создающих единой газопроводящей системы; трещины, секущие межпластовую толщу, имеют большое сопротивление.	Петухов И.М. [1]; А.Т. Айруни [4].

Как показано нами в работах [11, 12, 13], пространственные связи в системной организации горных пород и самоорганизация горных пород определяются последовательностью приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Корни уравнения (1)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	0,50	0,6180	0,6823	0,7245	0,7549	0,7781	0,7965	0,8117	0,8243	0,8351	0,8444

Члены этого ряда являются положительными корнями уравнения:

$$X^{n+1} + X - 1 = 0; \quad (1)$$

где: n – порядковый номер члена данной последовательности (номер геомеханической зоны начиная от контура выработки).

Физический смысл параметра X заключается в следующем: X – это отношение расстояния от контура выработки до границы предшествующей геомеханической зоны к расстоянию от контура выработки до границы последующей геомеханической зоны. Таким образом, уравнение (1) показывает взаимозависимость размеров каждой последующей геомеханической зоны от размеров предшествующих зон.

Рассчитаем верхние границы зон геомеханического состояния горного массива над выработанным пространством в соответствии с последовательностью, приведенной в табл. 2. Расчет производится из предположения, что отношение показателя кратности подработки первой зоны (расстояние до верхней границы этой зоны) к показателю кратности второй зоны должно равняться первому члену последовательности приведенной в табл. 2, а отношение показателя кратности второй зоны к показателю кратности третьей зоны второму члену последовательности и т.д.:

$$K_1 / K_2 = 0,5; K_2 / K_3 = 0,618 \text{ и т. д.}$$

При таком подходе достаточно знать верхнюю границу одной из зон, чтобы определить границы остальных зон. Поскольку наиболее полно исследована зона I, то примем среднее значение границы этой зоны из диапазона, приведенного в табл. 1: $K_1 = 4,5$. Тогда $K_2 = 9,0$; $K_3 = 14,5$ и т.д. Результаты проведенных расчетов и их сравнение с результатами полученными экспериментально приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, результаты, полученные экспериментально и расчетным методом, практически совпадают, что подтверждает предложенную зависимость. Мощные и монолитные слои песчаника (породные «мосты») могут оказывать «экранирующее» влияние на последующие слои пород. В этом случае некоторые последующие зоны из полученного ряда могут отсутствовать, но границы последующих зон будут соответствовать одному из членов математической последовательности табл. 2.

Особый интерес представляет исследование закономерностей образования зон дезинтеграции при подземных взрывах и сравнение этих закономерностей с закономерностями образо-

Таблица 3

Сравнительная таблица результатов полученных экспериментально и расчетным методом для подработанного массива

№ зоны	Характеристика зоны	Верхняя граница зоны (K), определенная экспериментально	Верхняя граница зоны (K), определенная расчетным методом	Отклонение, %
I	Зона беспорядочного обрушения	3–6	4,5	0
II	Зона значительного расширения пород	8–11	9,0	0
III	Зона упорядоченного обрушения	12–16	14,5	0
IV	Зона интенсивного расслоения	20	21,3	6,5
V	Зона деформаций с разрывом сплошности	30–32	29,4	2
VI	Зона водопродводящих трещин	40	38,9	2,7
VII	Зона единой газопродводящей системы	50	50,0	0
VIII	Зона трещин не создающих единой газопродводящей системы	60–64	62,8	0
IX	Зона плавного прогиба пород	73 -80	77,4	0
X	Зона предельного дегазирующего влияния подработки	100	93,9	6,1

вания зон дезинтеграции при других способах создания полости внутри массива. Результаты таких исследований позволяют не только решать практические задачи горного производства, но и вывести общие закономерности образования зон дезинтеграции горных пород при образовании полости в горном массиве и, используя эти закономерности, прогнозировать свойства и поведение горных пород на различном удалении от полости.

В работе [14] представлены результаты исследований основных характеристик горных пород и массива в ближней зоне

подземных ядерных взрывов, проведенных в штольнях горного массива Дегелен и скважинах горного массива Балапан Семипалатинского испытательного полигона. При анализе меха-

Таблица 4

Зоны дезинтеграции горного массива при проведении взрывов в штольнях

№ зоны	Наименование зоны	Характеристика зоны	Относительный радиус ($R_c/q^{1/3}$)
I	Зона смятия горных пород	Примыкает непосредственно к полости. Породы, в зоне измененные, легко превращаются в материал типа песка при незначительном механическом воздействии. Зерна минералов в породах раздроблены многочисленными микротрещинами, некоторые минералы потеряли естественные свойства и форму. Резко снижаются прочностные и упругие свойства породы. Проницаемость породы резко повышается.	12–14
II	Зона дробления	Массив раздроблен новыми и подновленными естественными трещинами. Массив имеет вид бутовой кладки с нарушенными швами. В начале зоны породы раздроблены до мелкого щебня, а к периферии — до кусков размером десятки сантиметров в поперечнике. Количество трещин увеличивается в 4–40 раз по отношению к естественному. Общая пористость массива достигает 10,5%.	20–25
III	Зона интенсивной трещиноватости	Суммарное количество трещин увеличивается в 2–4 раза. Массив приобретает ярко выраженное блочное строение. Размер кусков определяется в основном естественной трещиноватостью. Размер блоков уменьшается к центру от 1,0–3,0 до 0,2–0,8 м. Наибольшую раскрытость имеют пологие трещины. По крутым трещинам происходят срывы, сколы и смещения. Прочность породы от центра взрыва к периферии постепенно возрастает, упругие свойства также становятся близкими к естественным.	35–40

IV	Зона подновленных трещин	Раскрытие существующих трещин, ширина раскрытия 2–10 мм. Наблюдается интенсивное смещение отдельных блоков.	50–60
V	Зона неупругих деформаций массива	Скорость продольных волн в массиве меньше первоначальной на 5–10%. Проницаемость близка к естественной. Наблюдается проявление «скрытой» трещиноватости, изменение упругих характеристик массива.	120–130

Таблица 5

Зоны дезинтеграции горного массива при проведении взрывов в скважинах

№ зоны	Наименование зоны	Характеристика зоны	Относительный радиус ($R_c/q^{1/3}$)
I	Зона смятия горных пород	Горные породы превращены в рыхлый пылевой материал с включением обломков измененных пород размером не более 3–4 см. Общая пористость в 2–6 раз превышает начальную.	13–17,6
II	Зона дробления	Разрушенная горная масса с размерами кусков от 2–3 до 5–7 см. Пористость массива горных пород увеличивается в 2–3 раза по сравнению с первоначальной.	24–34
III	Зона интенсивной трещиноватости	Зона характеризуется появлением новых трещин по естественным микротрещинам, текстурным элементам горных пород и зонам механических ослаблений. По радиальным направлениям образуются сколы, по концентрическим – разрывы. Прочностные свойства пород снижены на 20–30%. Коэффициент проницаемости среды увеличивается до 1000 раз, причем наибольшее увеличение отмечается по простиранию пород. Общая пористость массива – 10–25%.	50–55
IV	Зона подновленных трещин	Новообразованные трещины в пределах зоны не наблюдаются, разрушенность массива обусловлена раскрытием существующих трещин. Прочностные свойства пород в зоне снижены на 10–15%	65–70

нического состояния массива горных пород после взрывного воздействия в этой работе использовался подход, основанный на делении среды на области (зоны), отличающиеся структурными и механическими характеристиками.

Вблизи эпицентра взрыва расположена камуфлетная полость, относительный радиус полости $R_c/q^{1/3}$ примерно $7 \text{ м/кт}^{1/3}$ (q – мощность взрыва в килотоннах ГНТ). По результатам инженерно-геологических и геофизических работ, проведенных с целью изучения влияния взрывов в штольнях на массив горных пород, определены относительные радиусы зон дезинтеграции горных пород, которые приведены в табл. 4 [14].

В результате инженерно-геологических и геофизических исследований, проведенных в местах ядерных взрывов в скважинах площадки Балапан, выделены следующие зоны (табл. 5).

Рассчитаем границы зон дезинтеграции горного массива при проведении штольневых взрывов в соответствии с последовательностью, приведенной в табл. 2. Расчет производится из предположения, что отношение относительного радиуса первой зоны к относительному радиусу второй зоны должно равняться первому члену последовательности приведенной в табл. 2, а отношение относительного радиуса второй зоны к относительному радиусу третьей зоны второму члену последовательности и т.д.:

$$R_1 / R_2 = 0,5; R_2 / R_3 = 0,618 \text{ и т.д.}$$

Таблица 6

Сравнительная таблица результатов полученных экспериментально и расчетным методом при проведении взрывов в штольнях

№ зоны	Наименование зоны	Граница зоны (R_1), определенная экспериментально	Граница зоны (R_1), определенная расчетным методом	Отклонение, %
I	Зона смятия горных пород	12–14	12	0
II	Зона дробления	20–25	24	0
III	Зона интенсивной трещиноватости	35–40	39	0
IV	Зона подновленных трещин	50–60	57	0
			79	
			105	
V	Зона неупругих деформаций	120–130	135	3,8

Таблица 7

Сравнительная таблица результатов полученных экспериментально и расчетным методом при проведении взрывов в скважинах.

№ зоны	Наименование зоны	Граница зоны (R_1), определенная экспериментально	Граница зоны (R_1), определенная расчетным методом	Отклонение, %
I	Зона смятия горных пород	13–17,6	15,5	0
II	Зона дробления	23–34	31	0
III	Зона интенсивной трещиноватости	50–55	50	0
IV	Зона подновленных трещин	65–70	73	4,3

Поскольку наиболее полно исследована зона I, то примем значение границы этой зоны из диапазона, приведенного в табл. 4: $R_1 = 12,0$. Тогда $R_2 = 24,0$; $R_3 = 39,0$ и т.д. Результаты проведенных расчетов и их сравнение с результатами, полученными экспериментально, приведены в табл. 6.

Как видно из табл. 6, результаты, полученные экспериментально и расчетным методом, практически совпадают, что подтверждает предложенную теорию. При этом можно прогнозировать, что экспериментами неустановленны (пропущены) еще две зоны с границами в районе 79 и 105 м/кт^{1/3}.

Проведем аналогичные расчеты для определения границ зон дезинтеграции пород при проведении взрывов в скважинах. Результаты этих расчетов приведены в табл. 7.

Как видно из табл. 7, расчетные и экспериментальные данные практически полностью совпадают.

Связанные отношением объекты своей множественностью способны выражать ряд интенсивностей («степеней») определенных параметров системы, что в действительности воплощено в ряде следующих друг за другом четко различающихся между собой специфик или состояний качества. Переход от одного уровня организации системы, режима функционирования к другому означает, в частности, смену отношений рассматриваемых параметров (изменение их кратности), соответствующих ее отдельным устойчивым состояниям. Выход системы за пределы одного из вариантов свидетельствует о радикальных изменениях в составе ее структурных компонентов, о приобретении этой системой нового функционального облика.

Таким образом, структура системы горных пород при образовании полости в горном массиве подчиняется четкому математическому закону, независимому от способа образования этой полости. Пространственные связи, лежащие в основании системной организации пород – важнейшие из тех, что создают ее реальную значимость, структурную оформленность, обуславливают последовательность изменения состояния этой системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петухов И. М.* и др. Защитные пласты. – Л.: Недра, 1972. – 424 с.
2. *Волошин Н. Е.* Опережающая разработка защитных пологих пластов. – М.: Недра, 1968. – 56 с.
3. *Тетервенков В. В.* Деформирование и дегазация крутых пластов / Вопросы теории дегазации угольных пластов. – М.: Госгортехиздат, 1955. – 491 с.
4. *Айруни А. Т.* Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах. – М.: Недра, 1981. – 335 с.
5. *Медяницев А. Н.* Сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием горных выработок. – Новочеркасск: Недра, 1976. – 81 с.
6. *Staron Tadeusz* Ocena prawdopodobienstwa wystapienia szkodliwych wplywow w podebranych pokladzia // Ochz terenow gorn (ПНР). – 1976. – 10. – № 35. – С. 23–29.
7. *Исследовать* устойчивость обнажений в очистных забоях шахт Карагандинского бассейна. Отчет о НИР, тема 1814, научн. руководитель К.О. Атыгаев. – Караганда: КНИУИ, 1973.
8. Разработать рекомендации по применению метода подработки пластов с целью управления горным давлением, борьбы с выбросами, дегазации и осушения: Отчет о НИР. Руководитель К.О. Атыгаев – № ГР 77046861, арх. № 2987 – Караганда: КНИУИ, 1980 – 127 с.
9. Научно обосновать и разработать эффективные и безопасные способы и параметры ведения горных работ на газоносных, выбросоопасных и пожароопасных пластах Карагандинского бассейна при восходящем и нисходящем порядке отработки свит пластов: Отчет о НИР (заключительный). Руководители К.О. Атыгаев и С.К. Баймухаметов – тема 18.92.00.2000, № ГР 01.89.0040817. – Караганда: КНИУИ, 1990, Ч. I. – 102 с.
10. *Лидин Г. Ф.* О теории дегазации сближенных пластов / Вопросы теории дегазации угольных пластов. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 207 с.
11. *Лис С. Н., Казанцева Г. В.* Пространственные связи в системной организации пород в земных недрах / Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан–2030» (Сагиновские чтения № 2), Ч. 3. – Караганда: КарГТУ, 2010. – С. 254–256.
12. *Вареха Ж. П., Лис С.Н.* Самоорганизация системы горных пород в земных недрах // Горный журнал Казахстана. – 2014. – № 7. – С. 10–13.

13. *Лис С. Н.* Термодинамическое обоснование самоорганизации горного массива в форме его зональной дезинтеграции / *Материалы Международной научно-практической конференции «Наука и образование в Центральном Казахстане», 3 августа 2013 г. – Караганда: Казахстанско-Российский университет. – С. 138–143.*

14. *Адушкин В. В., Спивак А. А.* Изменение свойств горных пород и массивов при подземных ядерных взрывах // *Физика горения и взрыва. – 2004. – т. 40. – № 6. – С. 15–24. ПЛАБ*

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Вареха Жорж Павлович*¹ – кандидат технических наук, зав. лабораторией, e-mail: snlis@yandex.kz,

*Лис Сергей Николаевич*¹ – старший научный сотрудник, e-mail: snlis@yandex.kz,

¹ ТОО «Институт проблем комплексного освоения недр».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 7, pp. 237–250.

UDC
622.284.74

S.N. Lis, Zh.P. Varekha

SELF-ORGANIZATION OF MOUNTAIN RANGE AT TECHNOGENIC AFFECTING HIM

The excavation in a rock mass and the influence of the blasting operations lead to the differentiation of the array into zones of different geomechanical and gas-dynamic States. Revealing regularities of formation and distribution of zones of various degrees of disintegration is of great importance to ensure the safety of mining operations and extraction of gas from coal with the intent of using it as a cheap fuel. Within the zone of intensive development of operational mitoplasts fracture in the thickness of the crack displacement and the displacement capacity of the develop reservoir rocks is the migration of methane from coal seams. The authors conducted analytical studies allowed to determine the algorithm of the interdependence of the sizes of zones of geomechanical and gas-dynamic state in a rock mass disturbed by mining activities. These areas are components of a single thermodynamic system – a mountain range. Associated with respect to the elements of the system to Express a range of intensities («degrees») of system parameters that in reality are embodied in several consecutive clearly different specifications or conditions of quality. Spatial relationships underlying the systemic organization of the species – the most important of those that create real value, structural oformlennoe, determine the sequence of state changes of this system. Studies have shown that the structure of the system of rocks under anthropogenic impact on it obeys a clear mathematical law, independent of the effects on him.

Key words: zones of the geo-mechanical condition, underworking, gas dynamics, mountain range, decontamination, gas permeability, the gas line system.

AUTHORS

*Varekha Zh.P.*¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: snlis@yandex.kz,

*Lis S.N.*¹, Senior Researcher, e-mail: snlis@yandex.kz,

¹ Limited Liability Company «Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources», 100019, Karaganda, Kazakhstan.

REFERENCES

1. Petukhov I. M. *Zashchitnye plasty* (Защитные пласты), Leningrad, Nedra, 1972, 424 p.
2. Voloshin N. E. *Operezhayushchaya razrabotka zashchitnykh pologikh plastov* (Advanced excavation of gently dipping protective seams), Moscow, Nedra, 1968, 56 p.
3. Tetervenkov V. V. *Voprosy teorii degazatsii ugol'nykh plastov* (Issues of coalbed degasification theory), Moscow, Gosgortekhzdat, 1955, 491 p.
4. Ayruni A. T. *Teoriya i praktika bor'by s rudnichnymi gazami na bol'shikh glubinakh* (Theory and practice of combating deep-level mine gases), Moscow, Nedra, 1981, 335 p.
5. Medyantsev A. N. *Sdvizhenie gornykh porod i zemnoy poverkhnosti pod vliyaniem gornykh vyrabotok* (Mining-induced displacements of rock mass and ground surface), Novocherkassk, Nedra, 1976, 81 p.
6. Staron Tadeusz. Ocena prawdopodobienstwa wystapienia szkodliwych wplywow w podebranych pokladzia. *Ochz terenow gorn.* 1976. 10, no 35, pp. 23–29.
7. *Issledovat' ustoychivost' obnazheniy v ochistnykh zaboyakh shakht Karagandinskogo basseyna.* Otchet o NIR, rukovoditel' K.O. Atygaev (Studies into exposure stability in production faces of Karaganda basin mines. R&D report, Atygaev K.O. (head)), Karaganda, KNIUI, 1973.
8. *Razrabotat' rekomendatsii po primeneniyu metoda podrabotki plastov s tsel'yu upravleniya gornym davleniem, bor'by s vybrosami, degazatsii i osusheniya:* Otchet o NIR. Rukovoditel' K.O. Atygaev (Development of guidelines on strata undermining method with a purpose of ground control, outburst prevention, gas drainage and dewatering, head Atygaev K.O. (head)), Karaganda, KNIUI, 1980, 127 c.
9. *Nauchno obosnovat' i razrabotat' effektivnye i bezopasnye sposoby i parametry vedeniya gornykh rabot na gazonosnykh, vybrosoopasnykh i pozharoopasnykh plastakh Karagandinskogo basseyna pri voskhodyashchem i niskhodyashchem poryadke otrabotki svit plastov:* Otchet o NIR. Ch. 1. Rukovoditeli K.O. Atygaev i S.K. Baymukhametov, (Evaluation and development of safe and efficient methods and parameters for upward and downward mining of gaseous, outburst- and fire-hazardous strata sequences, Atygaev K.O., Baymukhametov S.K. (heads), part 1), Karaganda, KNIUI, 1990, 102 p.
10. Lidin G. F. *Voprosy teorii degazatsii ugol'nykh plastov* (Issues of coalbed degasification theory), Moscow, Gosgortekhzdat, 1963, 207 p.
11. Lis S. N., Kazantseva G. V. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Nauka i obrazovanie vedushchiy faktor strategii «Kazakhstan 2030» (Saginovskie chteniya № 2)*, Ch. 3 (Science and education as a key factor in the Kazakhstan 2030 Strategy: International Scientific–Practical Conference Proceedings (Saginov's Lectures), part 3), Karaganda, KarGTU, 2010, pp. 254–256.
12. Varekha Zh. P., Lis S. N. *Gornyy zhurnal Kazakhstana.* 2014, no 7, pp. 10–13.
13. Lis S. N. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka i obrazovanie v Tsentral'nom Kazakhstane»*, 3 avgusta 2013 g. (Science and education in the Central Kazakhstan: International Scientific–Practical Conference Proceedings, August 3, 2013), Karaganda, Kazakhstansko-Rossiyskiy universitet, 2013, pp. 138–143.
14. Adushkin V. V., Spivak A. A. *Fizika goreniya i vzryva.* 2004, vol. 40, no 6, pp. 15–24.

