

УДК 622. 231. 76

## ПОСТРОЕНИЕ ЗОН ПГД НА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ходырев Е. Д.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Наведено результати розробок УкрНДМІ нових методичних підходів для точнішого визначення параметрів і місць розташування зон ПГД з урахуванням гірничотехнічних і геологічних факторів, що впливають на розподіл напружень у вуглепородному масиві.*

*The outcomes of UkrNDMI developments of new technical approaches for more accurate determination of parameters and locations of the zones of increased rock pressure taking into account mining and geological factors that influence stress distribution in coal-rock mass are described.*

При разработке угольного пласта вес пород, залегающих в его кровле над выработанным пространством и не получивших опоры на почве выработки, перераспределяется на краевые части нетронутого пласта или целики, пригружая их. Эта пригрузка формирует зоны опорного давления, от которых в почву и кровлю пласта распространяются зоны повышенного горного давления (зоны ПГД). Как показала практика, в этих зонах ПГД чаще всего происходят газодинамические явления (ГДЯ), горные удары, обрушения кровли, а также обрушения угля на крутых пластах. Размер зон опорного давления  $l$  и зон ПГД в кровлю  $d_1$  и почву  $d_2$  разрабатываемых пластов определяют по методике [1] с

учетом их мощности, глубины разработки и ширины очистных выработок.

Зоны ПГД достигают максимальных размеров при ширине очистной выработки  $a = 250$  м. Дальнейшее увеличение ширины выработанного пространства, как установлено многочисленными экспериментальными исследованиями [1-3], не приводит к увеличению достигнутых значений  $d_1$ ,  $d_2$ , т.к. при ширине  $a = 250$  м заканчивается процесс полного формирования зон ПГД и параметры их стабилизируются.

Опыт применения методики [1] на шахтах Донбасса показал, что в части, касающейся расчетов и построений зон ПГД возможно, на основании полученных ВНИМИ и УкрНИМИ результатов исследований [1, 3], повысить точность определения их размеров и мест расположения. Для этого требуется учитывать возникновение в выработанном пространстве областей, в которых подработанные породы кровли пласта получают новую опору на его почву. В результате этого происходит восстановление опасных нагрузок в углепородном массиве и уменьшается протяженность зависания подработанных пород.

Также могут видоизменять поле напряжений имеющиеся на некоторых участках ведения горных работ подработанные или надработанные соседними сближенными пластами монолитные крепкие песчаники мощностью более 30 м, являющиеся «породами-мостами».

В результате выполненного УкрНИМИ анализа соотношений горных выработок на шахтах Донбасса установлено, что фактор, касающийся восстановления опасных нагрузок в выработанном пространстве, проявляется на каждой шахте. Мощные слои песчаников имеются на многих шахтах Донбасса. Поэтому учет вышеуказанных горнотехнических и геологических факторов для более точного определения параметров и мест расположения зон ПГД является актуальным.

Восстановление опасных нагрузок на участке возникновения новой опоры для подработанных пород на почву отработанного пласта, согласно [1], происходит при одновременном проявлении двух условий:  $a \geq L_1 + L_2$  и  $b \geq 2 L_3$ , где  $a$  – размер вырабо-

танного пространства вкrest простирання пласта, м;  $b$  – то же по простиранню пласта, м.

Параметры  $L_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) определяются, согласно [1], выражением:

$$L_1 = \beta_1 \cdot L_i^1, \quad (1)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент, учитывающий соотношение эффективной ( $m_{эф}$ ) и критической ( $m_0$ ) мощностей пласта, определяемых по методике [1];

$L_i^1$  – расстояние от обнажения пласта до границы восстановления опасных нагрузок при  $\beta_1 = 1$ .

Проявление защитного действия от очистных выработок является процессом необратимым. Поэтому в области восстановления опасных нагрузок склонные к проявлениям ГДЯ угольные пласты, если они ранее побывали в зоне эффективной защиты и дегазировались, навсегда остаются защищенными от ГДЯ, но становятся не защищенными от динамических явлений негазового типа (горных ударов, внезапных обрушений и высыпаний угля, обрушений кровли). Вследствие этого выполненные ранее, до возникновения области восстановления опасных напряжений в выработанном пространстве, расчеты и построения зон защиты необходимо корректировать лишь на пластах, склонных к проявлениям динамических явлений. При этом за ширину выработки  $a$  рекомендуется принимать пролет подработанных или надработанных пород, зависших между краевой частью нетронутого пласта и областью восстановления опасных нагрузок.

Корректировку параметров зон ПГД и определения их местоположения при изменении вышеуказанных горнотехнических и геологических факторов целесообразно осуществлять на всех пластах, склонных как к газодинамическим, так и динамическим явлениям.

УкрНИМИ выполнен пересчет размеров зон ПГД на шахте им. Ф. Э. Дзержинского ГП «Дзержинскуголь» от краевых частей и створов лав выбросоопасных пластов  $\kappa_8$  – Каменка и  $l_3$  – Мазурка, разрабатываемых на гор. 1146 м – восток. Расстояние между этими пластами составляет 103 м. Выемка угля в лаве пласта  $\kappa_8$  –

Каменка ведеться щитовим агрегатом, в лаве пласта  $l_3$  – Мазурка – отбойними молотками

В зв'язи со зниженням темпов подвигання лави по пласту  $l_3$  – Мазурка, оброблюваного с опереженням пласта  $\kappa_8$  – Каменка, очистні роботи по этим пластам совместились в проекції на плоскість напластовання. В этих условиях, как предусмотрено требованиями пункта Л. 2.3 [1], для обеспечения безопасности работ один из действующих очистных забоев смежных сближенных пластов должен быть остановлен.

Для решения вопроса о возможности одновременной обработки пластов  $l_3$  – Мазурка и  $\kappa_8$  – Каменка возникла необходимость уточнения размеров возникающих от этих пластов зон ПГД.

При оценке влияния зоны ПГД пласта  $l_3$  – Мазурка на пласт  $\kappa_8$  – Каменка следует учитывать, что соотношение мощности междупластья  $h_2$  к размеру  $d_2$  зоны ПГД составляет  $h_2/d_2 = 103/108 = 0,95$ . Это означает, что пласт  $\kappa_8$  – Каменка находится на границе исчезновения этой зоны ПГД и она практически не оказывает вредного влияния на пласт  $\kappa_8$  – Каменка. Идентичной по размерам является зона ПГД от движущегося забоя пласта  $l_3$  – Мазурка, также не создающая опасных нагрузок на пласт  $\kappa_8$  – Каменка.

Зона ПГД от краевых частей и створа лавы пласта  $\kappa_8$  – Каменка в кровлю формируется в условиях обработки к настоящему времени с помощью АНЩ трех панелей по 50 м каждая. Общий пролет подработанных пород кровли  $x_0$  по простиранию пласта составляет 150 м.

В этих условиях конвергенция (сближение) боковых пород пласта за счет упругого их расширения с попутным оседанием пород кровли под действием сил гравитации после выемки угля определяется, согласно существующему графоаналитическому методу построения зон ПГД [4], по формуле:

$$m_{сбл} = x_0 \cdot \varepsilon_0, \quad (2)$$

где  $x_0$  – расстояние между рассматриваемыми опорами, м;

$\varepsilon_0$  – эмпирический коэффициент упругого расширения боковых пород для соответствующей глубины ведения горных работ, определяемый по методике [4].

В условиях шахты им. Ф. Э. Дзержинского при глубине ведения горных работ  $H = 1146$  м, согласно [4],  $\varepsilon_0 = 0,0049$ , а конвергенция боковых пород пласта  $\kappa_8$  в середине их зависающего пролета составляет величину  $m_{сбл} = 150 \times 0,0049 = 0,73$  м.

При щитовой выемке угля, как известно [5], при неустойчивых породах непосредственной кровли над крепью создается породная подушка, которая обычно заполняет все выработанное пространство рабочей панели, за исключением верхней ее части протяженностью до 35 метров. Исследованиями ВНИМИ [5], установлено, что роль породной подушки в щитовых лавах уподобляется роли закладки выработанного пространства, препятствующая сближению боковых пород и предохраняющая призабойное пространство лавы от периодических осадок кровли.

В рассматриваемых условиях в роли закладки выработанного пространства на пласте  $\kappa_8$  выступает расположенный в непосредственной кровле слабоустойчивый песчано-глинистый сланец мощностью более 4,0 м, который обрушается позади породной подушки на высоту до 1,0 – 1,5 м с последующим растрескиванием и разрушением на крупные блоки и потерей связи с залегающим над ним песчаником мощностью  $\approx 10$  м, являющимся основной кровлей пласта. Этот песчано-глинистый сланец при коэффициентах разрыхления  $n_p = 1,3$  и усадки  $K_{закл.} = 0,45$  после обрушения на величину мощности вынутаго пласта  $m = 1,0$  м превращается за счет горного давления в слой уплотнившейся закладки высотой не менее  $m_{закл.} = m \times n_p \times K_{закл.} = 1,0 \times 1,3 \times 0,45 = 0,60$  м.

При  $\Sigma = m_{сбл} + m_{закл.} = 1,2$  м, превышающей мощность пласта  $m = 1,1$  м, в средней части очистного забоя по простиранию пласта  $\kappa_8$  – Каменка (рис. 1) на расстоянии 45 м от краевых его частей восстанавливаются опасные нагрузки, где возникает новая зона опорного давления.

Вслед задвигающимся очистным забоем по падению пласта происходят такие же геомеханические процессы, как и по линии

простирання пласта. При наклонній висоті отриманого етажа пласта  $\kappa_8$ , рівній 120 м, величина пролета подрібнених порід  $x_0 = 120$  м. Згідно (1), конвергенція (зближення) кровлі і почви пласта в цих умовах після виїмки вугля становить  $m_{сбл} = 120 \times 0,0049 = 0,6$  м.

При обваленні на висоту до 1,0 – 1,5 м піщано-глинистого сланця після виїмки вугля відбувається природна ущільнююча самозакладка виробленого простору рядової породи. Потужність її шару становить не менше  $m_{закл} = m \times n_p \times K_{закл} = 1,0 \times 1,3 \times 0,45 = 0,6$  м.

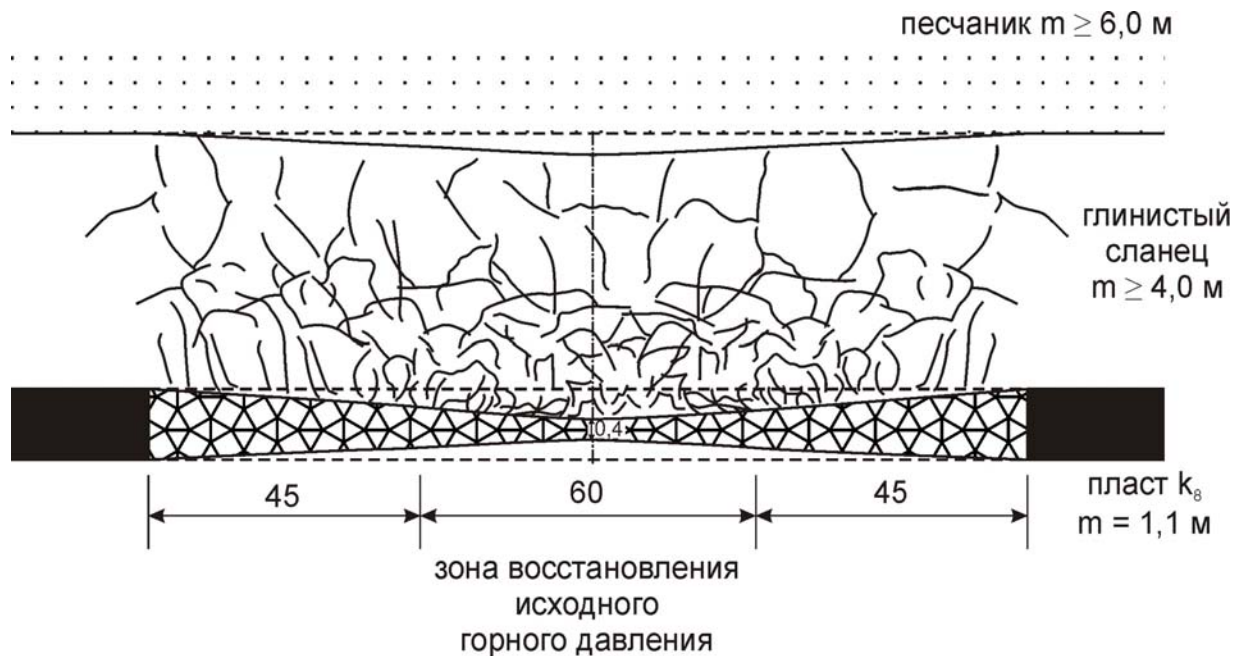


Рис. 1. Схема відновлення початкового гірського тиску в виробленому просторі на розрізі по простиранню пласта  $\kappa_8$  – Каменка при його обробці щитовим агрегатом (АНЩ) на шахті ім. Ф. Е. Дзержинського

При  $\Sigma = m_{сбл} + m_{закл} = 1,2$  м, перевищують потужність винищеного вугільного пласта  $m = 1,1$  м, в середній частині очистного забоя при виїмці вугля щитовим агрегатом по падінню пласта також, як по його простиранню, відбувається відновлення небезпечних навантажень, формують зону опорного тиску (рис. 2).

Відомо [1, 3, 6], що розмір зони ПГД  $d_l$  дорівнює розміру зони розвантаження  $R_{1,2}$ , що виникає при проведенні очистної

выработки, т.е.  $R_{1,2} = d_{1,2}$ . Значение  $R_{1,2}$ , согласно [6], определяется формулой:

$$R_{1,2} = 2,5S_{1,2}, \quad (3)$$

где  $S_{1,2}$  – размер защищенной зоны, соответственно в кровлю и почву пласта, м.

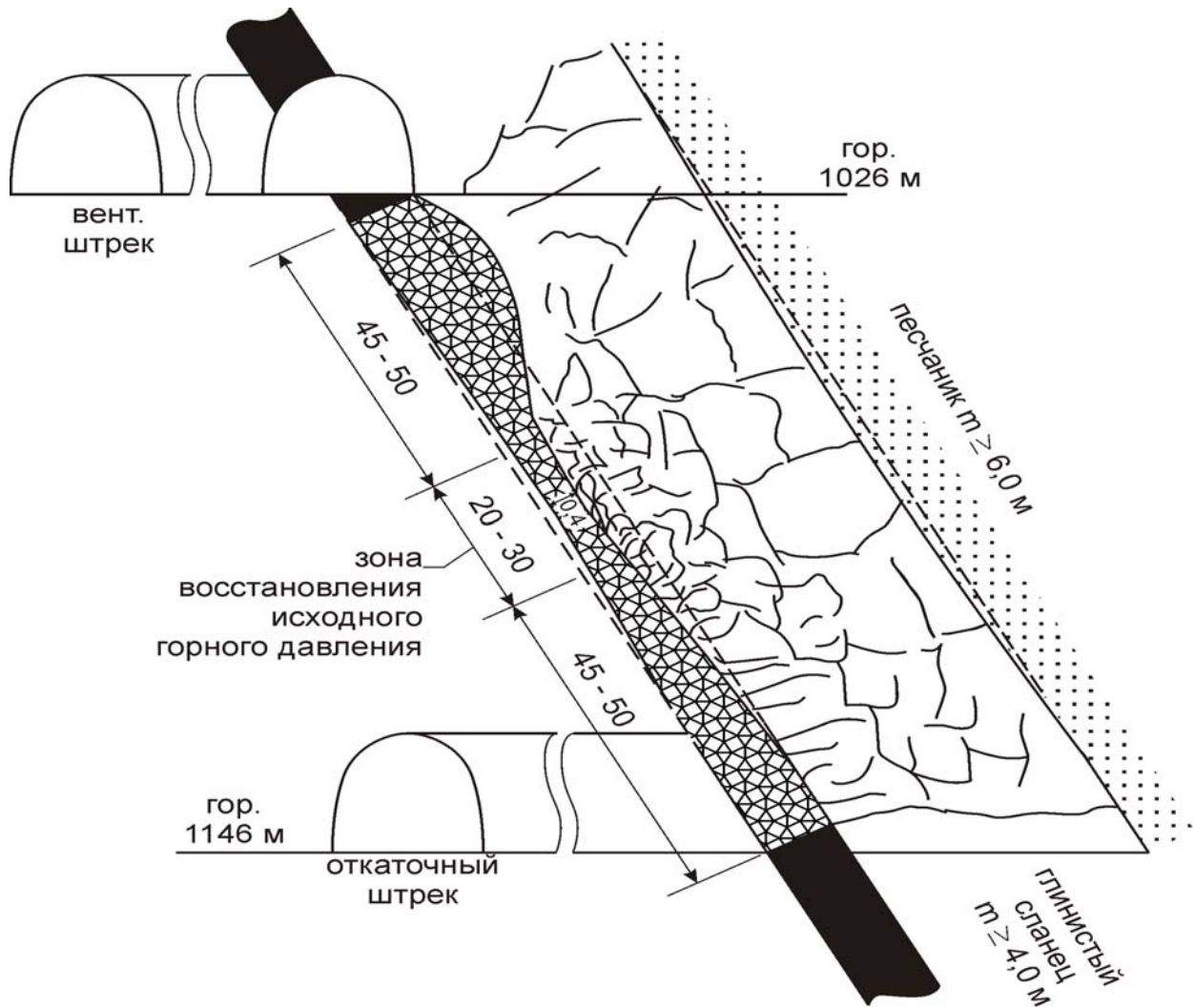


Рис. 2. Схема восстановления исходного горного давления в выработанном пространстве на разрезе по падению пласта  $\kappa_8$  – Каменка при отработке щитовым агрегатом (АНЦ) на шахте им. Ф. Э. Дзержинского

Для расчета размеров зоны ПГД в новых возникших условиях имеем следующие показатели: глубина разработки  $H = 1146$  м;  $a = 50$  м; критическая мощность защитного пласта  $m_0 = 0,2$  м; вы-

нимаемая мощность  $m = 1,1$  м; коэффициент усадки при закладке рядовой породой  $K = 0,45$ ; эффективная мощность пласта  $m_{\text{эфф.}} = 1,1 \times 0,45 = 0,49$  м; процентное содержание песчаников в толще пород междупластья  $\eta = 30$  %.

Согласно табл. Л.1 [1] при  $a = 50$  м, значение  $S^1_1$  составляет 25 м. Размер зоны защиты  $S^1$  в кровлю пласта  $k_8$  – Каменка в соответствии с [1] определяется по формуле:

$$S^1 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S^1_1, \quad (4)$$

где:  $\beta_1 = m_{\text{эфф.}} / m_0 = 0,49/0,2 = 2,4$ . При  $\beta_1 > 1$ , согласно [1], принимается равным 1;

$$\beta_2 = 1 - 0,4\eta / 100 = 1 - 0,4 \times 30 / 100 = 0,88.$$

Размер зоны защиты составляет  $S^1 = 1 \times 0,88 \times 25 = 22$  м, а размер зон ПГД:  $d_1 = 2,5 S_1 = 55$  м.

Таким образом, при мощности междупластья  $h_1 = 103$  м разрабатываемый пласт  $k_8$  – Каменка с размерами зон ПГД  $d_1 = 55$  м не оказывает пригружающего действия на пласт  $l_3$  – Мазурка.

Шахтой им. Ф. Э. Дзержинского, под методическим руководством УкрНИМИ, была проведена экспериментальная оценка влияния зон ПГД пласта  $k_8$  – Каменка на пласт  $l_3$  – Мазурка по методике [1] с использованием методов оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) пласта по выходу буровой мелочи из шпуров диаметром 42 – 45 мм, разбуриваемых на глубину 4,0 м в кутках потолкоуступной лавы участка № 95. Параллельно с этим осуществлялось измерение начальной скорости газовыделения из этих шпуров. Результаты оценки показали отсутствие опасных значений вредного влияния зон ПГД. Поэтому УкрНИМИ были выданы шахте рекомендации о возможности одновременной безопасной разработки пластов  $k_8$  – Каменка и  $l_3$  – Мазурка с условием увеличения темпов подвигания лавы пласта  $l_3$  – Мазурка и выхода ее в течение оптимально возможного срока времени за пределы створов и границ очистных работ пласта  $k_8$  – Каменка на расстояние не менее 60 м.

С учетом наличия подработанных и надработанных соседними сближенными пластами монолитных крепких песчаников, имеющих мощность более 30 м, УкрНИМИ выполнено на шахте «Северная» ГП «Дзержинскуголь» построение зон ПГД на участ-



ке разработки пластов Алмазной свиты гор. 1160 м – восток. Из этих пластов выбросоопасный, опасный по внезапным выдавливаниям и угрожаемый по обрушению угля, склонный к самовозгоранию пласт  $l_5$  – Солёный мощностью  $m = 0,67$  м (участок № 71), разрабатывается в зоне эффективной защиты после опережающей отработки вышележащего на расстоянии 32 м пласта  $l_6$  – Известнячка, мощностью 0,9 м.

Выше пласта  $l_6$  располагается на расстоянии 70 м пласт  $l_7^6$  – Пугачевка - верхняя, мощностью 1,0 м, который на гор. 1160 м не отработан. В построенной по методике [1] зоне ПГД от краевой части пласта  $l_7^6$  на пласт  $l_5$  защитное действие пласта  $l_6$  считается неэффективным.

Ниже пласта  $l_5$  на гор. 1160 м отрабатывается расположенный на расстоянии 97 м пласт  $l_2^1$  – Кирпичевка, мощностью 1,0 м (участок № 83). Построенная в кровлю от его краевой части зона ПГД № 2 совпадает с зоной ПГД № 1 от пласта  $l_7^6$ , в результате чего на пласте  $l_5$  выделяют, в соответствии с требованиями [1], участок ПГД с I категорией опасности по внезапным выбросам угля и газа.

В связи с предыдущей длительной остановкой работ на участке № 71 пласта  $l_5$  – Солёный возникла необходимость ведения на нем работ по восстановлению подготовительных выработок и очистного забоя с одновременным переходом его местоположения лавой участка № 83 пласта  $l_2^1$  – Кирпичевка. В соответствии с [1] одновременная работа лав на сближенных пластах в зонах ПГД от их створов, запрещается из-за опасности проявлений ГДЯ. В таких случаях необходимо останавливать очистной забой на одном из угольных пластов.

При изучении сложившегося соотношения горных работ на пластах Алмазной свиты гор. 1160 м – восток шахты «Северная» УкрНИМИ установлено, что при построении зон ПГД в этих условиях не учтены особенности распределений напряжений на рассматриваемом участке, обусловленные наличием в составе пород междупластья  $l_6 - l_7^6$  слоя подработанного пластом  $l_6$  крепкого монолитного песчаника мощностью 50 м.

Этот песчаник, являясь «породой-мостом», практически зависит при подработке на определенной длине пролета  $L_1$  и может

влиять на распределение сил горного давления, разгружая отдельные участки и, наоборот, пригружая другие, попадающие в зону опорных нагрузок. Расстояние  $L_1$  между зонами опорного давления подработанных зависших прочных пород, в том числе песчаников, определяется по вышеприведенной формуле (1). В условиях шахты «Северная», согласно [1], при угле падения пласта  $l_6 \alpha = 52^\circ$ ,  $m_{эф} = 0,6$  м,  $m_0 = 0,6$  м,  $\beta_1 = 1,0$ ; значение  $L_1 = 190$  м.

Таким образом, пролет зависшего над выработанным пространством пласта  $l_6$  слоя песчаника имеет одну опору на крайнюю часть этого пласта ниже откаточного штрека на горизонте 1160 м, а другую – в области восстановления опасных нагрузок, расположенной на 40 м выше горизонта 1050 м (рис. 3).

Поэтому действие зоны ПГД № 1, подработанной пластом  $l_6$ , перераспределяется через плиту песчаника на рядом расположенную зону ПГД № 3.

При построении зоны ПГД № 2 от пласта  $l_2^1$  – Кирпичевка также не было ранее учтено влияние расположенного в почве пласта  $l_5$  песчаника, мощностью 35 м, который в качестве «породы-моста» перераспределяет нагрузку так же, как указано выше, на участок расположения зоны ПГД № 3.

Вследствие этого этаж разрабатываемого на гор. 1146 м пласта  $l_5$ , огражденный «породами - мостами» от влияния зон ПГД №№ 1, 2 и расположенный в пределах защитного действия  $S_2 = 33$  м от пласта  $l_6$  при междупласты  $h_2 = 32$  м, обеспечивается полной, эффективной защитой.

Шахта «Северная» под методическим руководством УкрНИМИ выполнила, в период перехода лавой пласта  $l_2^1$  – Кирпичевка створа лавы пласта  $l_5$  – Солёный, по методике [1], кроме существующего прогноза по АЭ, оценку газодинамического и напряженно-деформированного состояния пласта  $l_5$  по выходу буровой мелочи из шпуров диаметром 42 – 45 мм, разбуриваемых на глубину 4,0 м в кутках потолкоуступной лавы. По результатам оценки не зарегистрировано опасного влияния зон ПГД №№ 1, 2.

На основании вышеизложенного УкрНИМИ выданы шахте рекомендации по безопасному переходу створа лавы пласта  $l_5$  лавой пласта  $l_2^1$  и дальнейшей отработке последней с опережением

лавы пласта  $l_5$  сначала на 20 м, а затем, по истечении минимально возможного срока времени, на 70 м.

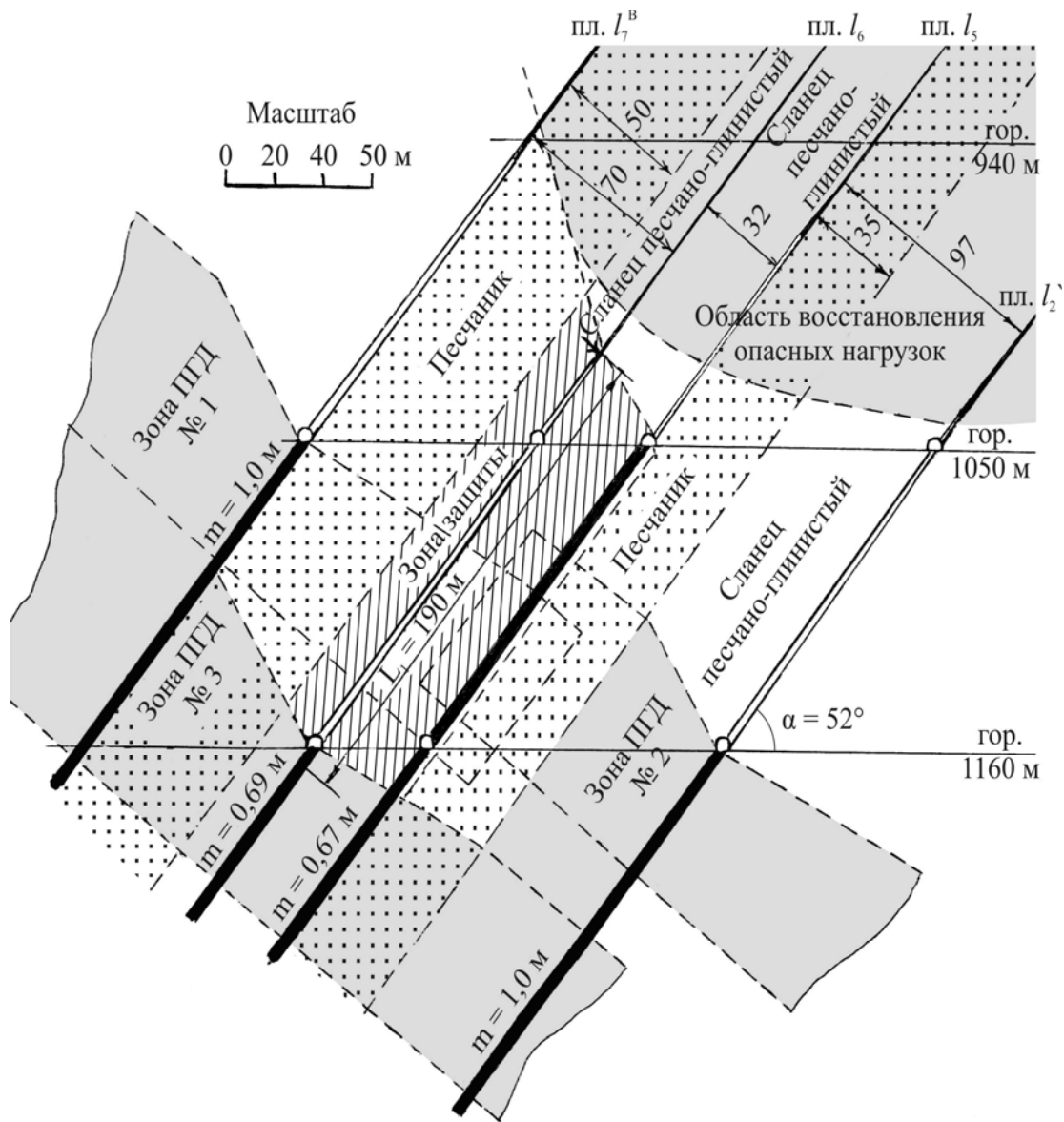


Рис. 3. Соотношение горных выработок на пластах Алмазной свиты и местоположение зон ПГД при наличии мощных слоев песчаника на шахте «Северная» гор. 1160 м – восток

Практика безаварийной работы лав в течение прошедших шести месяцев 2010 г. на вышеуказанных пластах шахт им. Ф. Э. Дзержинского и «Северная» ГП Дзержинскуголь», при отсутствии показателей «опасно» по ГДЯ и повышенному горному

давлению в процессе постоянного проведения сейсмопрогноза выбросоопасности, подтверждает достоверность разработанных УкрНИИМИ новых методических подходов по более точному определению параметров и мест расположения зон ПГД на шахтах Донбасса.

Внедрение этих разработок сокращает объемы профилактических мероприятий по борьбе с ГДЯ и горными ударами, повышает безопасность и рентабельность производства.

### **СПИСОК ССЫЛОК**

1. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: Затв. Наказом Мінвуглепрому України від 30 грудня 2005 року № 145.– К.: Изд. МакНИИ, 2005, – 225 с.
2. Петухов И. М. Горные удары на угольных шахтах.– М.: «Недра», 1972, – 299 с.
3. Теория защитных пластов. И. М. Петухов, А. М. Линьков, В. С. Сидоров, И. А. Фельдман.– М. «Недра», 1976, – 224 с.
4. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. – М.: «Недра», 1977, – 159 с.
5. Разработка крутых пластов щитовыми агрегатами. А. Ф. Остапенко, С. П. Батыгин, И. А. Южанин, Е. И. Питаленко. – К.: Техніка, 1983. – 100 с.
6. Анциферов А. В., Ходырев Д. И., Канин В. А. Эффективность использования защитных пластов для предотвращения газодинамических явлений // Уголь Украины. – 2002. – № 11.– С. 10 – 12.