

## **ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНОЙ АКТИВИЗАЦИИ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ОХРАННЫХ ЦЕЛИКАХ**

В статті встановлено особливості активізації гірничого тиску, в результаті чого незначний приріст опорного тиску призведе до суттєвої втрати стійкості підготовчої виробки.

## **FEATURES OF SECONDARY ACTIVIZATION OF BASIC PRESSURE IN SECURITY OF CELICS**

In clause the features of activization of mine pressure are established, therefore the insignificant gain of basic pressure results in essential loss of stability of preparatory tunnel.

Большинство угольных шахт Украины в настоящее время интенсивно отрабатывают запасы в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях. Поддержание достигнутой интенсивности очистных работ невозможно без обеспечения устойчивости основных подготовительных выработок. Как правило, очистные работы ведутся в уклонных частях шахтных полей. Поэтому надежность очистных работ в значительной степени определяется от устойчивости основных уклонных выработок.

Сложность задачи поддержания указанных выработок обусловлена большой глубиной разработки, которая на многих шахтах достигла 700-800 м и более, а на некоторых предприятиях превышает уже 1200 м. При этом более 90% от всей протяженности основных подготовительных выработок продолжает охраняться целиками угля, ширина которых при достигнутых глубинах во многих случаях уже превышает 250 м. Однако даже при соблюдении нормативной ширины целиков устойчивость подготавливающих выработок неуклонно ухудшается. Такая ситуация характерна для подавляющего большинства угольных шахт, включая такие высокопроизводительные предприятия, как шахта им. Засядько, Красноармейская-Западная №1, Краснолиманская и др. Именно по указанным двум главным причинам (большие потери угля и неудовлетворительная устойчивость подготовительных выработок) охрана основных подготовительных выработок на больших глубинах признана нормативным документом неперспективным способом [1]. Несмотря на это, популярность способа охраны подготавливающих выработок целиками угля не уменьшается по причине простоты и минимальных сроков подготовки запасов. Среди ИТР распространено мнение о том, что в процессе формирования охранного целика, подготавливающие выработки испытывают активизацию опорного давления в основном напротив действующей лавы и достаточно после этого восстановить сечение выработки один раз, после чего ее устойчивость будет длительное время удовлетворительная.

При этом не учитывается повторная многократная активизации опорного давления за пределами участка выработки, который находится непосредственно напротив действующей лавы, которая формирует охранный целик. Покажем это на примере уклонного поля пласта  $l_1$  шахты им. Засядько (рис. 1). Уклонные выработки этого пласта охраняются традиционными целиками угля, ширина которых

изменяется от 200 м до 300 м, а местами достигает 400 м. Несмотря на такую значительную ширину охранного целика, уклонные выработки приходится неоднократно перекреплять и осуществлять подрывку почвы практически на всей их протяженности. При этом стоимость восстановления одного погонного метра уклона составляет от 1,8-до 3,2 тыс. гривен. Косвенные убытки от сбоев в функционировании систем транспорта и вентиляции из-за неудовлетворительного состояния уклонов на порядок превышают прямые затраты на их восстановление и составляют нескольких миллионов гривен по одному шахтопласту ежегодно.

Целью данной работы является установление причин, которые приводят к необходимости многократного восстановления сечения подготавливаемых выработок по всей их протяженности несмотря на то, что размеры охранных целиков отвечают нормативным требованиям и даже превышают их.

На рис. 2,а приведена типичная планировка горных работ, применяемая при отработке уклонных панелей. Уклонные выработки проходят заранее хотя бы с опережением очистных работ на величину высоты яруса. Затем нарезают выемочные столбы и отрабатывают их сверху вниз обратным ходом лавами на уклонные выработки, формируя, таким образом, охранный целик шириной 200 м. Глубина работ составляет 800 м, вмещающие породы средней прочности и склонны к обрушаемости. Оценка эволюции напряженного состояния массива в окрестности охранного целика осуществлялась с использованием ранее разработанной математической модели, дающей возможность производить расчет горного давления в плоскости отрабатываемого пласта при любой конфигурации сплошного выработанного пространства и произвольном порядке и очередности отработки смежных запасов [2]. В процессе выполнения моделирования имитировалась реальная очередность отработки ярусов. Вначале отрабатывались две лавы верхнего яруса, затем вводились лавы среднего яруса и напряженное состояние пересчитывалось заново. На последнем этапе моделирования отрабатывались лавы нижнего яруса. Реальные панели содержат от 5 до 8 ярусов, однако даже три яруса в качественном и количественном плане обеспечивают характерную картину механизма перераспределения горного давления.

На рис. 2,в и 2,с приведено окончательное распределение горного давления после отработки всех шести лав в трех ярусах экспериментальной панели. Можно видеть, что целик концентрирует горное давление по краевым границам. В средней части целика наблюдается слияние зон опорного давления, концентрация которого максимальна напротив лав 3 и 4 среднего яруса. Со средней части сплошных выработанных пространств наблюдается восстановление геостатического уровня давления, а вдоль границ охранного целика имеет место разгруженная от горного давления зона. В целом результаты моделирования хорошо согласуются с известными представлениями о механизме перераспределения горного давления при развитии очистных работ в пределах одиночного пласта.



Рис. 1 – Фрагмент плана горных выработок в уклонной части поля пласта I<sub>1</sub>

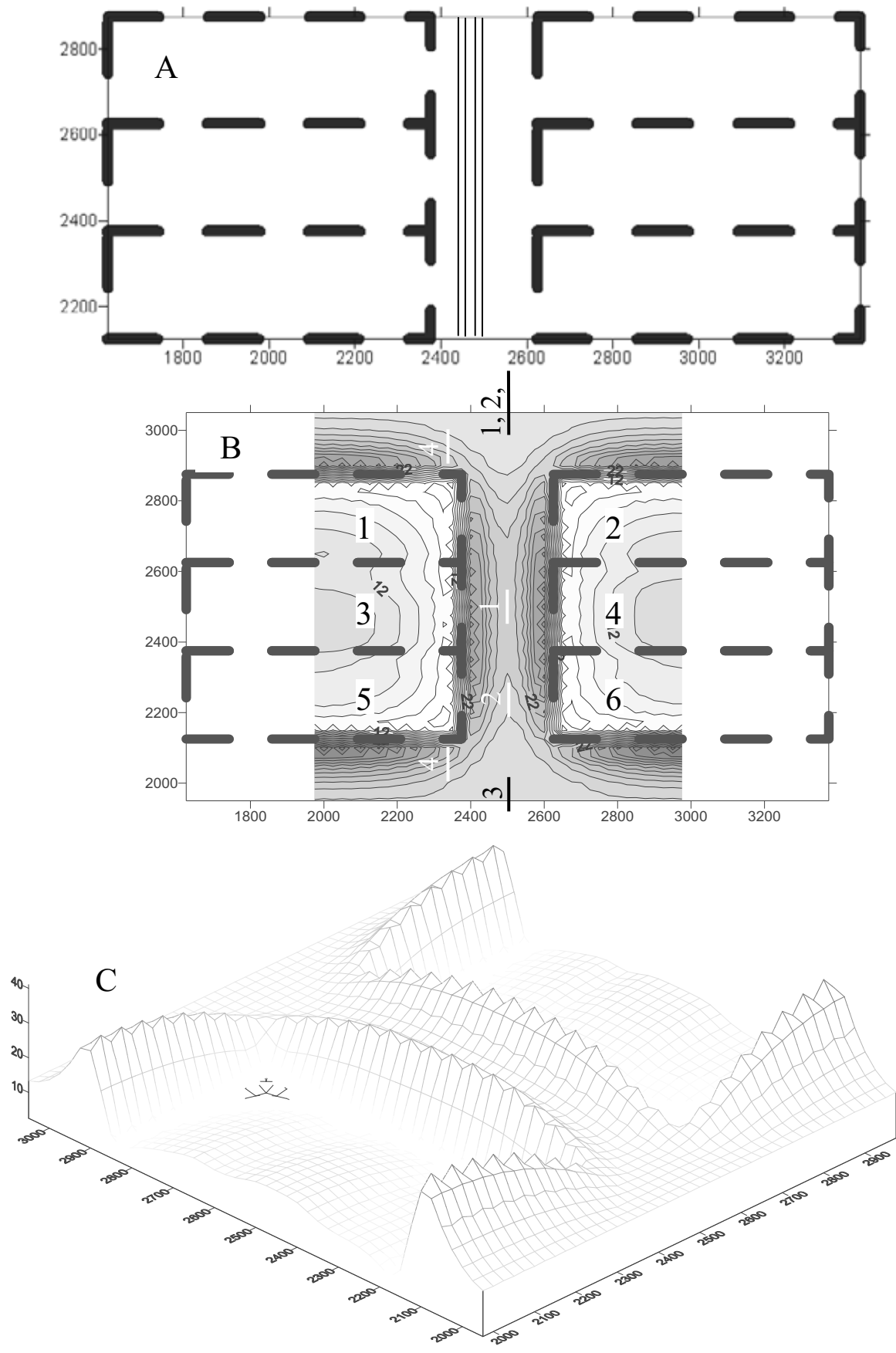


Рис. 2 – Планировка горных работ А, контурная карта В и объемное распределение горного давления С в окрестности охранного целика

На рис. 3 приведена динамика перераспределения горного давления вдоль оси уклонной выработки, расположенной ближе к границе охранный целика (слева на рис. 1). Видно, что после отработки первого яруса (кривая 1-1) напротив его середины создается концентрация опорного давления до величины 1,3. Отработка второго яруса приводит к увеличению концентрации напряжений до 1,47 (линия 2-2). При этом максимум опорного давления наблюдается у границы верхнего и среднего яруса со стороны последнего. После отработки третьего яруса концентрация опорного давления возрастает до 1,48, а его максимум расположен примерно напротив середины среднего яруса. Характерной особенностью является то, что прирост или активизация опорного давления после отработки второго яруса наблюдается не только напротив него, но и напротив ранее отработанного первого яруса. Здесь концентрация опорного давления возросла с 1,2 до 1,4. То же происходит и при отработке третьего яруса. Рост или активизация опорного давления наблюдается не только напротив смежного второго яруса, где она увеличилась в среднем с 1,25 до 1,4, но и напротив отработанных пространств первого яруса. Здесь прирост концентрации опорного давления меньше, но все же хорошо заметен.

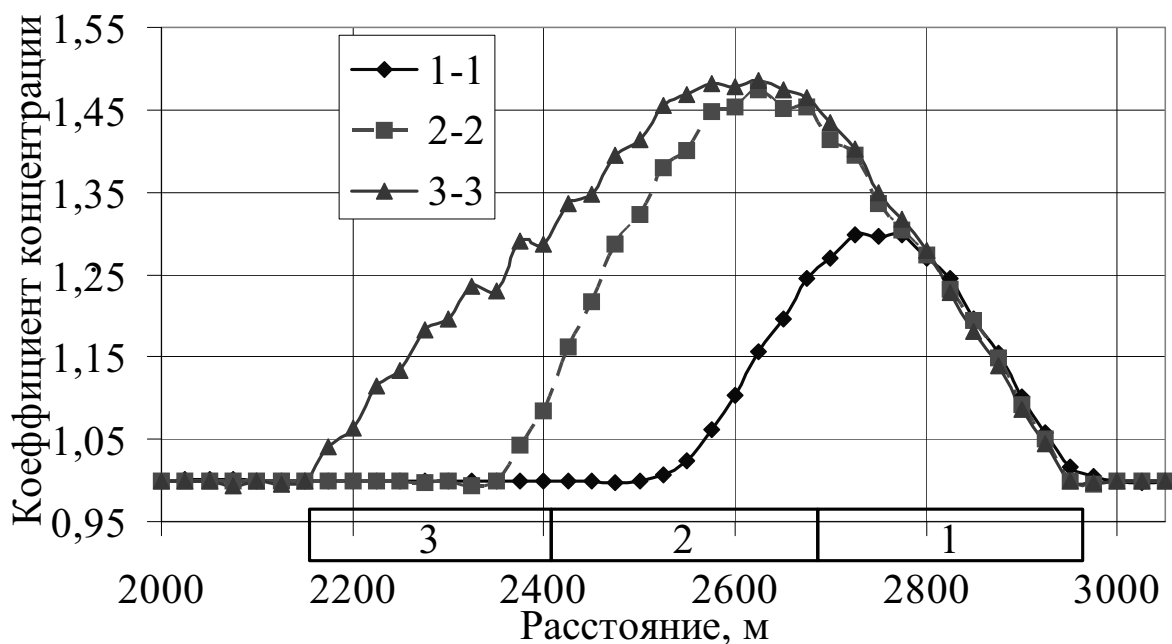


Рис. 3 – Динамика изменения коэффициента концентрации горного давления вдоль центра охранный целика по мере отработки смежных лав

Рассмотрим причину многократной потери устойчивости уклонных выработок при активизации опорного давления. Казалось бы, концентрация опорного давления возрастает при повторной активизации незначительно, всего на 14-16% и даже менее, однако это существенно ухудшает устойчивость подготовительной выработки. Причина состоит в том, что на большой глубине разработки величина критерия устойчивости вмещающих пород близка к критической, когда состояние выработки характеризуется как неустойчивое. Оценим величину критерия устой-

чивости по проф. Заславскому для типичных условий, когда глубина работ составляет 800 м, а прочность вмещающих пород порядка 40-50 МПа. Величина критерия устойчивости вмещающих пород определяется как отношение действующей вертикальной компоненты горного давления к прочности пород на одноосное сжатие. В данном случае величина критерия составляет 0,5-0,4. Согласно [3] состояние такой выработки характеризуется как неустойчивое и рекомендуются применять для ее крепления замкнутые податливые крепи с криволинейными очертаниями несущих элементов, обеспечивающих податливость системы крепь-породный массив в пределах 300-350 мм с несущей способностью не менее 150-300 кН/м<sup>2</sup>. Дополнительно рекомендуется упрочнение вмещающих пород путем их тампонажа. Как видим, стоимость такого крепления, трудоемкость его возведения являются весьма высокими. Добавим, что для выполнения работ по креплению и упрочнению вмещающих пород требуется высокая культура и специальное оборудование.

Если в такой выработке устанавливать металлическую податливую крепь (что и делается в подавляющем числе случаев), тогда смещения на ее контуре составят порядка 750 мм, что также неприемлемо с точки зрения ее эксплуатации. В итоге вокруг выработки образуется обширная зона неупругих деформаций. Это и является причиной высокой чувствительности системы «крепь-окружающие породы» к незначительному увеличению или активизации опорного давления. При активизации горного давления достигнутое ранее равновесие системы нарушается, что приводит к значительным дополнительным смещениям на ее контуре, поскольку остаточная прочность ранее разрушенных пород в зоне неупругих деформаций незначительна и не может оказывать заметного сопротивления горному давлению. Таким образом, многократная потеря устойчивости выработки объясняется тем, что вмещающие ее породы находятся в запредельном неустойчивом состоянии и незначительная активизация горного давления приводит к большим необратимым сдвигам ранее разрушенных пород в полость выработки.

Последующее перекрепление нарушает достигнутое равновесие и это делает выработку еще чувствительнее к последующей активизации горного давления. По существу перекреплением и подрывкой убирают самозаклинившиеся породы, которые оказывают пусть незначительное, но заметное остаточное сопротивление сдвигам. В результате активизации смещений на контуре выработки система «крепь-окружающие породы» переходит в более устойчивое состояние, которое ближе к равновесному. Перекрепление выработки и подрывка почвы нарушает это состояние и переводит выработку в состояние, которое ближе к неустойчивому. Активизация горного давления в результате отработки очередного яруса является тем толчком, который нарушает равновесие и процесс сдвижений активизируется, что повторно переводит выработку в неудовлетворительное состояние.

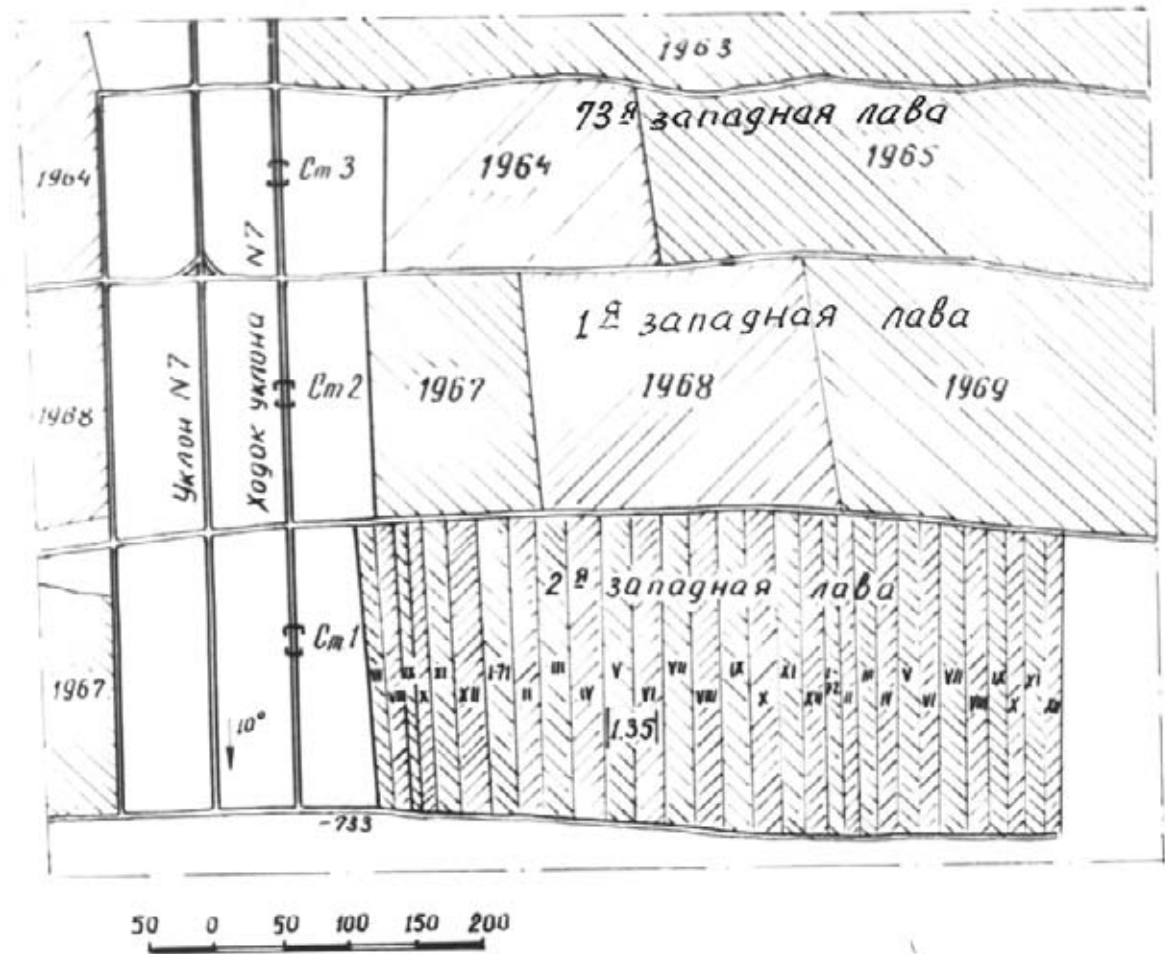
Сказанное подтверждается ранее выполненными исследованиями за устойчивостью уклонов при отработке ярусов и формировании охранного целика в условиях шахты Петровская [4]. Наблюдательная станция №1 заложена напротив действующей 2 западной лавы. Эта лава продолжает оформлять охранный целик, образованный отработкой 1, 2 восточных и западных лав. Станция №2 оборудована напротив выработанных пространств 1-х восточной и западной лав, станция №3

напротив вышерасположенного выработанного пространства ранее отработанных участков. График на рис. 4 показывает, что активизация смещений на контуре выработок в результате влияния опорного давления 2 западной лавы произошла на всех трех станциях. Дополнительные смещения на контуре уклона составили соответственно 450 мм, 190 мм и 90 мм. Во всех случаях эти подвижки массива являются существенными с точки зрения устойчивости основной уклонной выработки. Даже используя грубую оценку в первом приближении, можно сказать, что суммарные смещения на контуре выработки качественно хорошо соотносятся с величиной прироста коэффициента концентрации на соответствующих участках модельной выработки. Это подтверждает достоверность результатов математического моделирования и выводов относительно причины повторной активизации смещений на контуре подготовительной выработки.

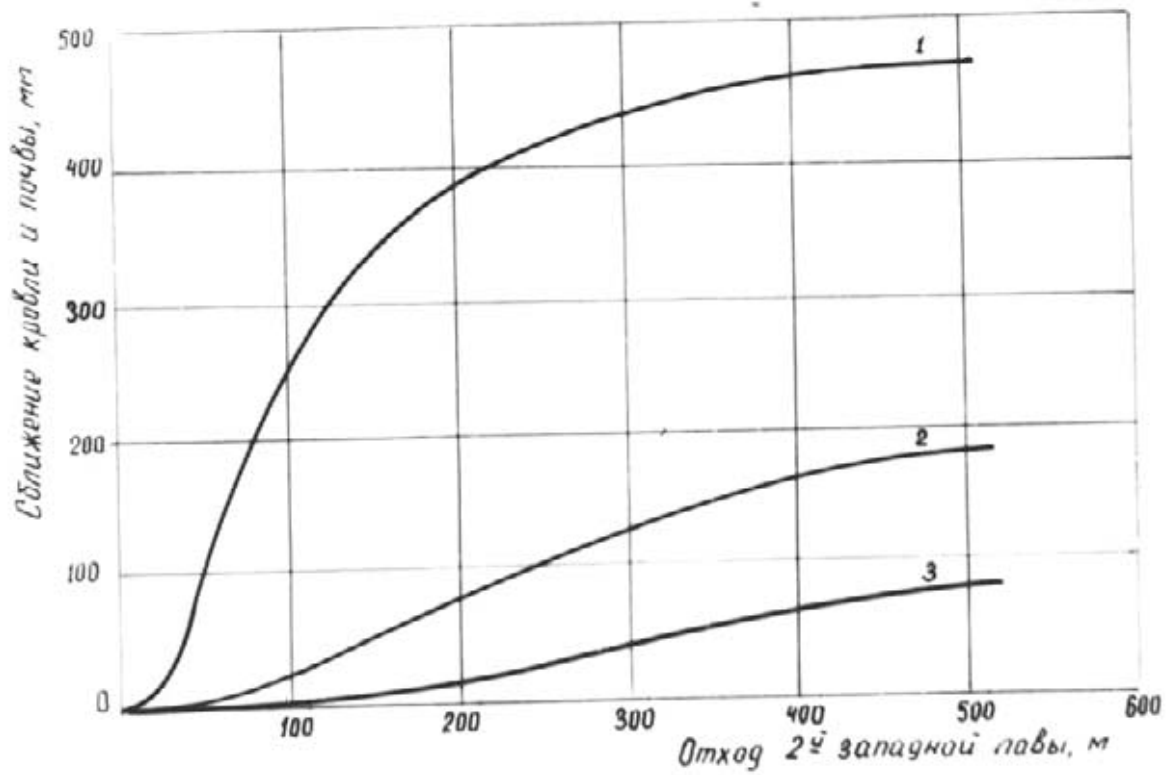
Проведенные исследования дополняют новые особенности негативных последствий активизации горного давления в окрестности охранного целика. Эти особенности являются еще одним аргументом в пользу отказа от охраны подготавливающих выработок целиками и необходимости применения принципиально других способов их охраны и, в первую очередь, региональных зон разгрузки. Дальнейшие исследования необходимо провести в направлении изучения особенностей перераспределения горного давления в окрестности региональной зоны разгрузки при отработке смежных ярусов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. – КД 12.01.01.201-98.
2. Шевченко В.В. Геомеханічне обґрунтування параметрів безпечної відробки виїмкових діляниць у процесі формування вугільних ціликів. - Автореф. дис... канд. техн. наук. 05.15.11.-Дніпропетровськ, 2004. - 16 с.
3. Заславский Ю.З., Зорин А.Н. Черняк И.Л. Расчеты параметров крепи выработок глубоких шахт. – К.: Техника, 1972. - 156 с.
4. Морозов С.П. Исследование параметров охраны наклонных выработок, проводимых в предварительно разгруженном горном массиве. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. 05.15.02. - Донецк, 1976. – 20 с.



А



Б

Рис. 4 – Планировка горных работ при охране уклонов целиком и характер изменения конвергенции в этих уклонах по мере отработки смежных лав