

УДК 622.831.3+622.257.1

*д.т.н. Кипко А.Э.  
(ВНУ им. В. Даля, г. Антрацит, Украина),  
Палейчук Н.Н., Должиков Ю.П.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ТАМПОНАЖА**

*Наведено результати досліджень стійкості гірничих виробок шахт Східного Донбасу за тривалий час при використанні комплексного методу тампонажу. За допомогою показника стійкості визначено ефективність тампонажу протягом декількох років в умовах шахт ДП «Антрацит».*

**Ключові слова:** *виробки, тампонаж, показник стійкості, моніторинг, геологічні порушення.*

*Приведены результаты исследований устойчивости горных выработок шахт Восточного Донбасса в течение длительного времени при использовании комплексного метода тампонажа. При помощи показателя устойчивости определена эффективность тампонажа на протяжении нескольких лет в условиях шахт ГП «Антрацит».*

**Ключевые слова:** *выработки, тампонаж, показатель устойчивости, мониторинг, геологические нарушения.*

Строительство и эксплуатация протяженных горных выработок в современных условиях сопровождается постоянным увеличением глубины ведения горных работ. Наряду с увеличением глубины разработки к основным факторам, определяющим неустойчивое состояние выработок, относится наличие дизъюнктивной геологической нарушенности. До 40% сооружаемых выработок пересекают трещиноватые породы тектонических нарушений (сбросы, надвиги). Также интенсивные водопритоки и прорывы подземных вод в горные выработки вызывают ослабление породного массива с понижением устойчивости выработок и вывалообразованиями [3].

Попытки обеспечить безремонтное поддержание выработок за счет увеличения несущей способности крепи положительных результатов в настоящее время не дали [1, 2 3]. Ликвидация последствий прорыва подземных вод в горные выработки требует значительных затрат времени и средств на очистку, ремонт и восстановление крепи. Ежегод-

но протяженность выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличивается на шахтах Донбасса на 2-3 %. Как следствие, восстановления и ремонта требуют до 60 % подземных выработок от их общей протяженности. В связи с этим является актуальным определение эффективности применяемого комплексного метода тампонажа на основании значения показателя устойчивости.

**Целью исследования** является анализ устойчивости горных выработок глубоких антрацитовых шахт в зонах тампонажа, проведенного глиноцементными растворами.

**К основной задаче исследования** относится определение значения показателя устойчивости выработок в зонах, где применялся комплексный метод тампонажа.

При сооружении вскрывающих и подготовительных горных выработок глубоких шахт с целью подавления водопритоков из зон тектонических нарушений (от 200 до 1000 м<sup>3</sup>/ч) применялся комплексный метод тампонажа [3]. Так, на шахте «Комсомольская» ГП «Антрацит» тампонажные работы проводились в вентиляционных квершлагах № 1 и № 2 горизонта 690 м, конвейерном квершлага горизонта 690 м (интервал 206-387 м) и откаточном квершлага горизонта 960 м (интервал 194-375 м). На шахте им. 50-летия Советской Украины тампонаж выполнялся на наклонном стволе №3 и в 8-м западном откаточном штреке. Аналогичные работы по водоподавлению в горных выработках проводились на шахтах ГП «Ровенькиантрацит».

Технологические параметры тампонирующего дизъюнктивных нарушений определялись по методике комплексного метода тампонажа. На основании исходных геологических данных, полученных по результатам разведочного бурения, и структурно-реологических свойств тампонажного раствора рассчитывались размеры завесы и инъекции раствора из одной скважины, количество скважин, давление нагнетания и общий объем раствора. После проведения работ осуществлялся контроль качества тампонажа [3].

С целью определения динамики в устойчивости затампонированных пород в зонах дизъюнктивных нарушений на протяжении четырех лет проводились натурные исследования. При выполнении шахтных исследований изучались деформации металлической крепи в выработках. Состояние подготовительной горной выработки характеризуется показателями устойчивости [4]:

$$\omega_N = \frac{N - N_{\partial}}{N}, \quad (1)$$

где  $N$  – общее число обследованных рам крепи;

$N_{\phi}$  – число деформированных рам крепи (в качестве критериев неустойчивого состояния крепи принята классификация [ЛГК]).

$$\omega_S = \frac{S_{\min}}{S}, \quad (2)$$

где  $S_{\min}$  – наименьшая площадь поперечного сечения выработки;

$S$  – проектная площадь поперечного сечения («в свету») выработки.

Для исследований были выбраны три протяженные горные выработки (до 1100 м). Общая их длина подразделялась на участки по 20 м (1 ПК), для которых определялись показатели  $\omega_N$  и  $\omega_S$ . Обследование выработок проводили с интервалом в один год.

Результаты мониторинга устойчивости откаточного квершлага №1 ОП «Шахта Комсомольская», в котором применялся комплексный метод тампонажа, показали следующее.

Откаточный квершлаг №1 горизонта 960 м имеет площадь поперечного сечения в проходке  $S_{\text{пр.}} = 17,6 \text{ м}^2$ , в свету  $S_{\text{св.}} = 14,5 \text{ м}^2$ , установленный тип крепи КМП-А3-15,5. Квершлаг служит для транспортировки горной массы, доставки материалов и оборудования, передвижения людей и вентиляции. В квершлагае настлан рельсовый путь (2 ветви) с шириной колеи 900 мм. Квершлаг расположен в центральной части шахтного поля, находится в зоне влияния Центрального сброса № 1. Данное разрывное нарушение с углом падения  $\alpha = 83 \div 85^\circ$  и амплитудой смещения  $H = 0,8 \div 2,0$  м пересекает квершлаг на участке 296 м. Размещение квершлага в системе сопряженных выработок представлено на рисунке 1.

Водоприток  $Q$  из зоны сброса составлял  $156 \text{ м}^3/\text{час}$ , в связи с чем производился тампонаж в интервале 194-375 м (ПК 9-18). После проведения тампонажа глиноцементным раствором остаточный водоприток  $Q_{\text{ост}}$  составил  $0,5 \text{ м}^3/\text{час}$ . По окончании тампонажных работ осуществлялся мониторинг устойчивости квершлага № 1. При этом в качестве основного параметра использовался показатель устойчивости  $\omega_N$ . Распределение значений показателя  $\omega_N$  приведено на рисунке 2.

Как следует из приведенных данных, горные породы в зоне тампонажа находятся в устойчивом состоянии.

В 2008-м году производилось перекрепление участков ПК 32-40 из-за воздействия разрывного нарушения, однако в зоне тампонажа ПК 9-18 необходимости в перекреплении не было, т.к. значение показателя устойчивости  $\omega_N$  составляло 0,85-0,95. В ноябре 2010 г. перекреплялся участок 27-34 ПК. Перекрепление сопровождалось изменением площа-

ди поперечного сечения квершлага «вчерне» с 15,5 на 13,8 м<sup>2</sup>); в зоне тампонажа 194-375 м значение показателя  $\omega_N$  составляет 0,8-0,95.

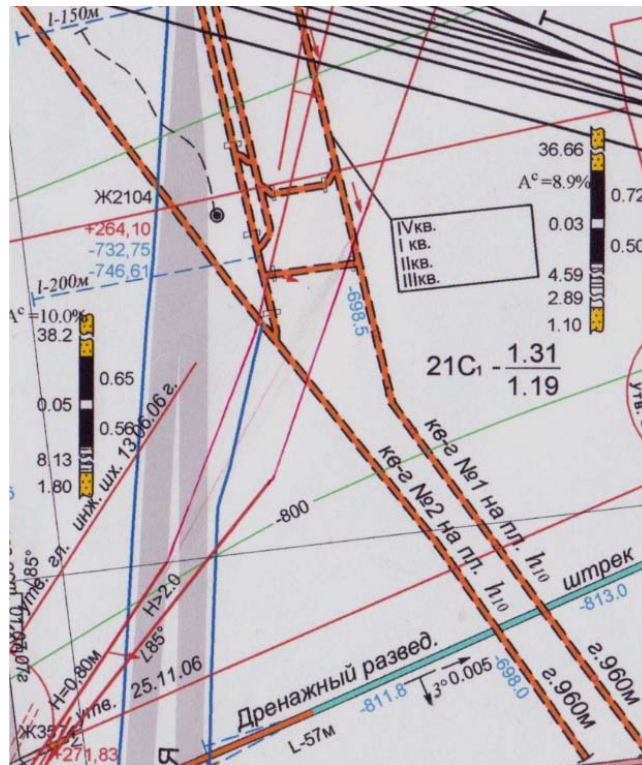


Рисунок 1 – Выкопировка из плана горных выработок пласта  $h_{10}$  шахты «Комсомольская»

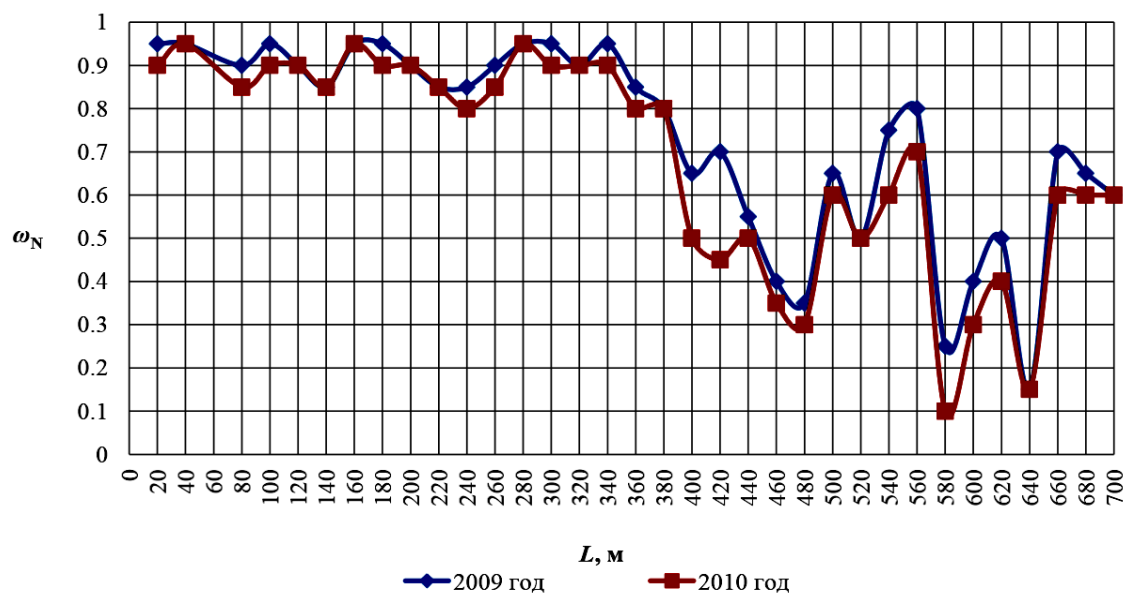


Рисунок 2 – Распределение значений показателя  $\omega_N$  откаточного квершлага № 1

Мониторинг устойчивости выработок ОП «Шахта им. 50 лет Советской Украины» в зонах применения тампонажа горных пород показал следующее.

Западный наклонный вентиляционный ствол № 3 пласта  $k_2$  имеет следующие параметры: длина  $L = 412$  м, угол падения  $\alpha = 160$ , площадь поперечного сечения ствола в проходке  $S_{пр} = 15,3$  м<sup>2</sup>, площадь поперечного сечения ствола в свету  $S_{св} = 13,2$  м<sup>2</sup>, тип крепи АП-13,2. Ствол расположен в западной части шахтного поля в зоне влияния Мельниковского сброса № 1. Данное разрывное нарушение с углом падения  $\alpha = 70 \div 75^\circ$  и амплитудой смещения  $H = 1,9 \div 5,5$  м проходит параллельно западному вентиляционному стволу №3. Расположение ствола №3 и Мельниковского сброса №1 в плане приведено на рисунке 3.

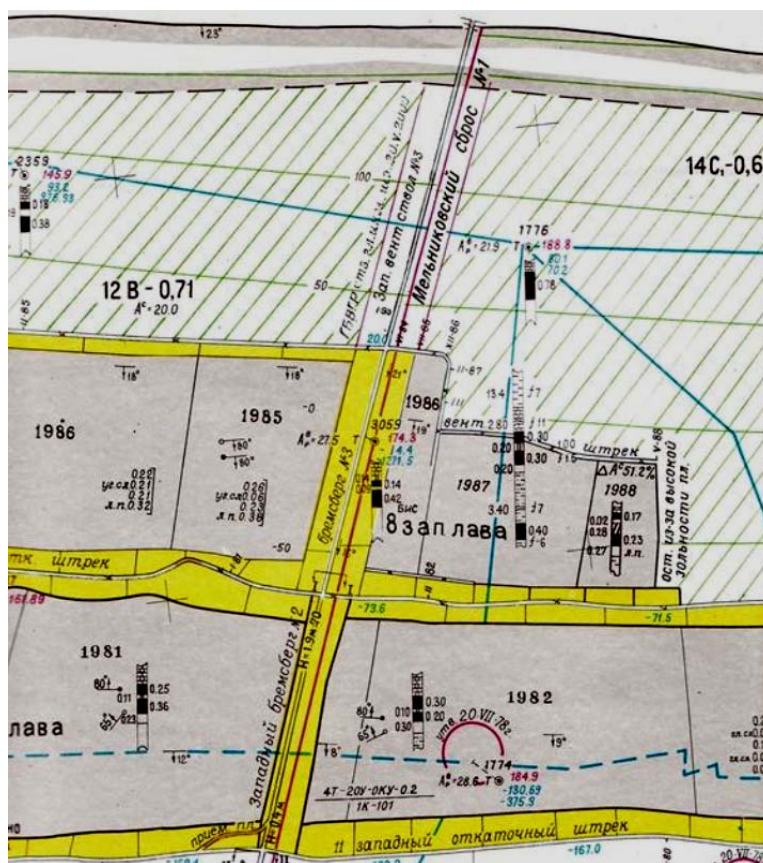


Рисунок 3 – Выкопировка из плана горных выработок пласта  $k_2$  шахты им. 50 лет Советской Украины

Тампонаж производился в интервале 68-128 м. После проведения тампонажа в 2006-2009 гг. осуществляли мониторинг устойчивости ствола. При этом, в качестве основного параметра, использовался показатель устойчивости  $\omega_N$ , распределение значений которого приведено на рисунке 4.

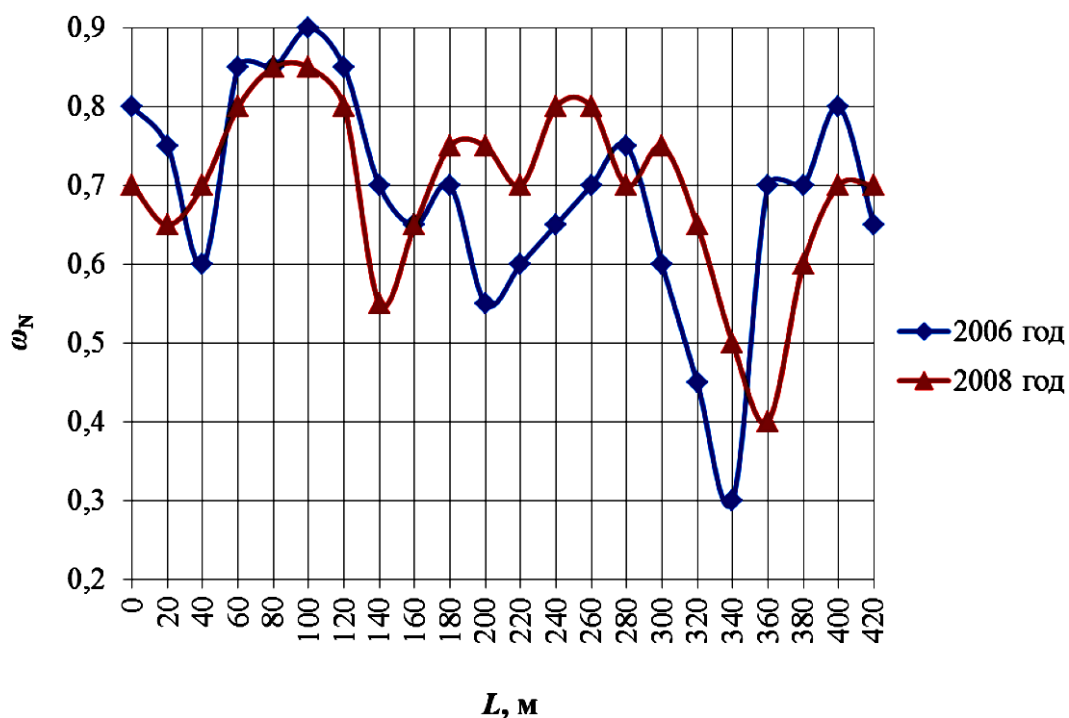


Рисунок 4 – Распределение значений показателя  $\omega_N$  в западном вентиляционном стволе №3

В 2006-м году производилось перекрепление участков 0-40 м, 200-260 м и 300-340 м из-за воздействия разрывного нарушения, однако в зоне тампонажа 60-128 м необходимости в перекреплении не было, т.к. значение показателя  $\omega_N$  составляло около 0,9. В 2008-м году перекреплялись участки ствола 120-140 м и 340-380 м; в зоне тампонажа 60-128 м значение показателя  $\omega_N$  составляло 0,8-0,85, что свидетельствует об устойчивости пород.

Обследованный 8-й западный откаточный штрек пласта  $k_2$  имеет следующие параметры: длина  $L = 1580$  м, угол напластования пород  $\alpha = 16^\circ$ , глубина заложения  $H = 210$  м, площадь поперечного сечения в проходке  $S_{пр} = 14,5$  м<sup>2</sup>, площадь поперечного сечения в свету  $S_{св} = 12,3$  м<sup>2</sup>, тип крепи АП 12,3.

Штрек расположен в центральной части шахтного поля в зоне влияния сброса № 2. Данное разрывное нарушение имеет угол падения  $\alpha = 70^\circ$  и амплитуду смещения  $H = 1,65$  м. Откаточный штрек пересекает данный сброс под углом  $13^\circ$  (в плане) на участке длины 1106-1530 м (рисунок 5). С целью водоподавления и повышения устойчивости участка штолка, находящегося в зоне влияния дизъюнктивного нарушения производился тампонаж в интервале 1100-1530 м (ПК 55-77). После проведения тампонажа в 2006-2009 гг. производился мониторинг устой-

чивости откаточного штрека по значению параметра устойчивости  $\omega_N$ , что приведено на рисунке 6.

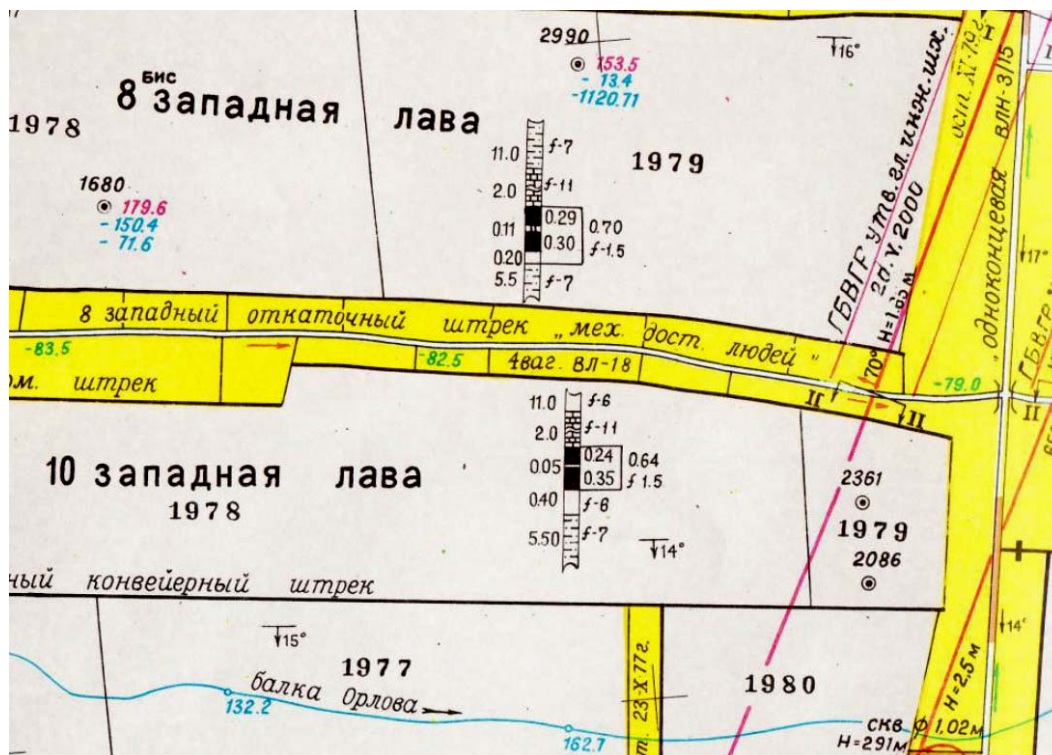


Рисунок 5 – Выкопировка из плана горных выработок пласта  $k_2$  шахты им. 50-ти летия Советской Украины

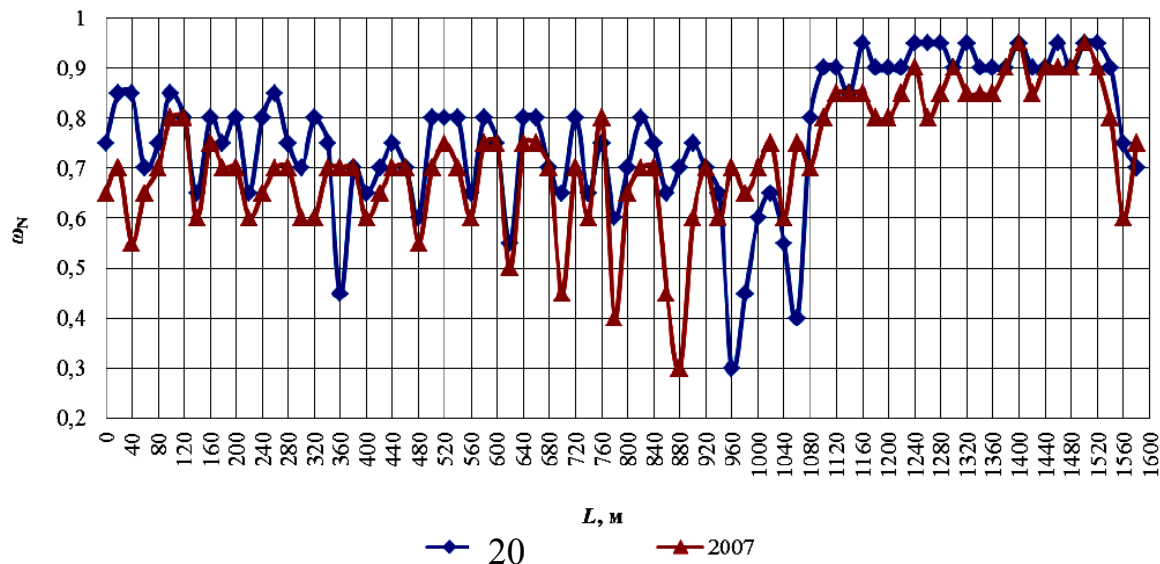


Рисунок 6 – Распределение значений показателя  $\omega_N$  в 8-м западном откаточном штреке

В 2006-м году производилось перекрепление участков 360-400 м, 960-1000 м и 1040-1060 м из-за воздействия разрывного нарушения, однако в зоне тампонажа 1100-1530 м перекрепление не производилось, т.к. значение показателя  $\omega_N$  составляло 0,85-0,95. В 2007-м году перекреплялись участки штрека 760-780 м и 860-900 м; в зоне тампонажа значение показателя  $\omega_N$  составляло 0,85-0,95, в 2009 году –  $\omega_N = 0,85-0,9$ .

### **Выводы**

Таким образом, проведенные натурные исследования показали, что горные выработки, находящиеся в условиях затампонированных пород, обеспечили высокую устойчивость даже в зонах тектонических нарушений. Причем характерно то, что в зонах тампонажа показатель устойчивости составляет не менее 0,85, а перекрепление этих участков требует лишь незначительных замен элементов крепи не чаще чем через 4-5 лет. Следует отметить, что проявлений пучения почвы в зонах затампонированных пород вообще не наблюдалось. В массивах, где просматриваются затампонированные трещины (раскрытие 20-40 см) стабилизированный тампонажный раствор устойчив и обладает высокой прочностью и адгезией с горными породами.

### **Библиографический список**

1. Литвинский Г. Г. Основные закономерности проявлений горного давления на «малых» и «больших» глубинах / Г.Г. Литвинский // Форум горняков. - 2009: междунар. конф., 30 сент. – 3 окт. 2009 г. / Национальный горный ун-т. – Д., 2009. – С. 13-21.

2. Черняк И.Л. Повышение устойчивости подготовительных выработок / И.Л. Черняк. – М.: Недра, 1993. – 256 с. – ISBN 5-247-01867-2.

3. Кипко Э.Я. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: учеб. пособ. / [ Э.Я. Кипко, П.Н. Должиков, Н.А. Дудля, А.Э. Кипко и др. – 2-е изд., перераб. и доп.]. – Днепропетровск: Национальный горный ун-т., 2004. – 367 с. – ISBN 966-8271-86-6.

4. Должиков П.Н. Исследование влияния различных факторов на устойчивость горизонтальных выработок глубоких шахт / П.Н. Должиков, Н.Н. Палейчук // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2011. – № 1. – С. 23-29.

5. Должиков П.Н. Устойчивость горизонтальных выработок глубоких шахт в обводненных породах: монография / П.Н. Должиков, А.Э. Кипко, Ю.И. Кобзарь, Ю.П. Должиков. - Донецк: Норд-Пресс, 2010. – 191 с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Окалеловым В.Н.*