

УДК 622.834.1

БЕЗОПАСНЫЙ УРОВЕНЬ ЗАТОПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК КАК КРИТЕРИЙ ПРИ МОКРОЙ КОНСЕРВАЦИИ ШАХТ

С. В. Педченко, А. Б. Ягмур, Н. А. Дроздова

Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАН Украины
ул. Челюскинцев, 291, г. Донецк, 83004, Украина. E-mail: Ledy.Sv@yandex.ru

Массовое закрытие отработавших запасы угля и нерентабельных в современных экономических условиях шахт на протяжении последних двух десятилетий привело к ряду серьезных технических и экономических проблем. В результате длительного периода угледобычи произошли практически необратимые техногенные изменения состояния горного массива, смещение границ зон активного, замедленного и затрудненного обмена подземных вод, изменение степени и областей взаимосвязи их с гидрографическими поверхностными объектами и условиями миграции. Происходящее поднятие уровня шахтных вод и затопление выработанного пространства сопровождается увлажнением горных пород и изменением их физико-механических свойств. Рассмотрен вопрос, касающийся определения безопасного уровня затопления горных выработок шахт при мокрой консервации. Предложен научный подход к решению поставленного вопроса, который позволит выбрать экономически и технически обоснованные инженерные решения при разработке проектов ликвидации угольных предприятий для сохранения жилой и промышленной застройки.

Ключевые слова: шахта, мокрая консервация, горные выработки, безопасный уровень затопления.

БЕЗПЕЧНИЙ РІВЕНЬ ЗАТОПЛЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ЯК КРИТЕРІЙ ПІД ЧАС МОКРОЇ КОНСЕРВАЦІЇ ШАХТ

С. В. Педченко, А. Б. Ягмур, Н. О. Дроздова

Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи НАН України
вул. Челюскінців, 291, м. Донецьк, 83004, Україна. E-mail: Ledy.Sv@yandex.ru

Масове закриття відпрацьованих запасів вугілля та нерентабельних у сучасних економічних умовах шахт протягом останніх двох десятиліть призвело до низької серйозних технічних і економічних проблем. У результаті тривалого періоду вуглевидобутку відбулися практично незворотні техногенні зміни стану гірського масиву, зсув меж зон активного, уповільненого та утрудненого обміну підземних вод, зміна міри й областей взаємозв'язку їх з гідрографічними поверхневими об'єктами й умови міграції. Підняття рівня шахтних вод і затоплення виробленого простору супроводжується зволоженням гірських порід і зміною їхніх фізико-механічних властивостей. Розглянуте питання, що стосується визначення безпечного рівня затоплення гірничих виробок шахт при мокрій консервації, дозволить обрати економічно й технічно обґрунтовані інженерні рішення при розробленні проектів ліквідації вугільних підприємств для збереження житлової та промислової забудови.

Ключові слова: шахта, мокра консервація, гірничі виробки, безпечний рівень затоплення.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Современное формирование экологической обстановки в Донбассе и других угледобывающих регионах во многих случаях связывается с закрытием и затоплением угольных шахт. В течение 200-летнего периода развития Донбасса произошли практически необратимые техногенные изменения состояния горного массива, смещение границ зон активного, замедленного и затрудненного обмена подземных вод, изменение степени и областей их взаимосвязи с гидрографическими поверхностными объектами и условий миграции [1, 2].

Постановка проблемы. Последствия установления нового техногенного режима подземных вод при затоплении шахт могут быть весьма негативными и не всегда предсказуемыми.

Среди них:

- развитие деформаций земной поверхности, связанных с обводнением горных пород и снижением их прочностных связей, образование провалов, воронок, оползней;

- активизация процесса сдвижения вследствие подъема уровня затопления, увлажнение горного массива и возобновление процесса обрушения гор-

ных пород вследствие уменьшения их прочности, что приводит к нарушению метастабильного геомеханического состояния подработанного массива горных пород;

- подтопление и затопление подработанных территорий;

- повреждение зданий и промышленных сооружений;

- загрязнение подземных и поверхностных вод, в том числе и используемых для питьевого водоснабжения.

Цель работы – обеспечение экологической безопасности, сохранение окружающей среды и максимальное снижение негативных последствий (в том числе и социальных) вследствие закрытия и затопления шахт.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

В рамках проведения единой экологической политики в угледобывающих регионах необходимо решить следующие первоочередные задачи:

- оценить условия и возможности управления уровнем подземных вод при затоплении шахт с целью исключения попадания минерализованных и загрязненных шахтных вод в гидрографическую

сеть и недопущения подтопления территорий, а также засоления почв;

– выполнить прогноз изменения прочностных свойств горных пород при их обводнении;

– выполнить прогноз сдвижения и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения горных пород при ликвидации шахт с целью определения безопасного уровня их затопления;

– разработать и осуществить оптимальные системы мониторинга для своевременного контроля за техногенными изменениями, происходящими в результате ликвидации и затопления шахт, а также для разработки эффективных методик прогнозирования.

В настоящей статье рассмотрим один вопрос – определение безопасного уровня затопления горных выработок шахт при мокрой консервации, обеспечивающего безопасную эксплуатацию сооружений на поверхности и сохранность природных объектов.

Обводненность горных пород резко снижает их устойчивость, породы размокают и становятся склонными к сползанию и т.д., что приводит в результате к завалам в горных выработках. Так, сопротивление сжатию песчаника, залегающего в кровле пласта m_3 шахты «Глубокая» в связи с обводненностью, снизилось с 60–70 до 17,6–35 МПа, а аргиллит, залегающий в кровле пласта l_4 , имел предел прочности на сжатие 25 МПа, но при обводненном состоянии снизил его до 13,4 МПа.

В процессе подтопления прочностные свойства горных пород уменьшаются, что может привести к потере установившегося равновесия толщи горных пород, их обрушению над выработанным пространством и к активизации процесса сдвижения. В результате чего возникнут новые деформации земной поверхности, в том числе трещины, уступы и провалы.

Сдвигения и деформации горных пород и земной поверхности, вызванные активизацией процесса сдвижения, при неблагоприятных условиях могут вызвать повреждения в зданиях и сооружениях, а также увеличение водопроницаемости и газопроводимости пород.

Размеры зоны влияния от активизации процесса сдвижения над старыми горными выработками, характер и продолжительность сдвижения зависят от следующих факторов:

а) суммарной мощности отработанных пластов угля, угла падения и глубины расположения выработок;

б) размеров очистных выработок, расположения и размеров оставленных целиков;

в) физико-механических свойств пород;

г) структурных особенностей массива горных пород (наличие мощных крепких слоев пород, складок, геологических нарушений и др.).

Расчет сдвижения и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения горных пород при полном затоплении горных выработок выполняется от каждой отработанной выработки с последующим суммированием соответствующих значений сдвижения и деформаций от отдельных выработок.

При расчетах ожидаемых сдвижения и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения объединялись несколько смежных отработанных горных выработок в пласте в одну эквива-

лентную выработку при условии, что отношение размера целика между отработанными смежными выработками $l_{ц}$ к средней глубине его залегания $H_{ц}$ меньше 0,1. При этом были использованы планы горных выработок по всем угольным пластам ликвидируемой шахты и геологическая карта шахтного поля.

При прогнозировании оседаний и деформаций от активизации процесса сдвижения при затоплении горных выработок возникло ряд проблем, основными из которых являются:

1) существующие методы расчета ожидаемых сдвижения и деформаций обоснованы и проверены для отдельных очистных выработок, т.е. небольшого количества лав. При этом наиболее существенными ограничениями являются следующие:

– выработанное пространство должно иметь форму прямоугольника, стороны которого параллельны и перпендикулярны простиранию пластов;

– для суммирования сдвижения и деформаций от отдельных выработок направление простирания пластов не должно изменяться.

2) программные средства, реализующие методы прогноза имеют определенные ограничения на количество очистных выработок и расчетных точек. Кроме того, существующие программные средства обладают недостатками, присущими для вышеуказанных методов прогноза, т.к. они базируются на принятых нормативно-методических документах.

3) в пределах отработанного шахтного поля, даже в пределах одного пласта, число выработок, которые должны быть приняты к учету, достигают несколько десятков или сотен.

4) расчеты должны выполняться для больших территорий с площадью несколько десятков квадратных километров. Поэтому число расчетных точек должно быть достаточно большим.

В формулах расчета использовалась так называемая остаточная мощность пласта.

Остаточную мощность (мощность активизации) определяют для каждой отработанной выработки по формуле 1:

$$m_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot m_B, \quad (1)$$

где m_0 – остаточная мощность отработанного пласта, принимаемая при расчете деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения при затоплении горных выработок, м; K_1 – коэффициент, зависящий от степени метаморфизма углей; K_2 – коэффициент, зависящий от последующих подработок горной выработки нижележащими пластами; K_3 – коэффициент, зависящий от наличия пустот и зон разуплотнения (выбирается по результатам исследований пластов-аналогов из банка данных); K_4 – коэффициент, зависящий от обводненности горных пород; K_5 – коэффициент, зависящий от глубины горных работ; m_B – вынута мощность пласта, м.

Коэффициент K_3 определялся на основании ранее выполненных в аналогичных горно-геологических условиях исследований на предмет определения зон разуплотнения в кровле отработанных угольных пластов и наличия пустот в горных выработках.

Так при расчете безопасного уровня затопления горных выработок ликвидируемой шахты «Глубокая» выполнен прогноз сдвижения и деформаций при условии полного затопления горных выработок. К расчету приняты все очистные выработки данной

шахты, а также выработки соседних шахт, которые могут оказать влияние на расчетную область. Общие сведения о выработках, принятых к расчету с разделением по шахтам приведены в табл. 1.

Всего расчет выполнялся по 412 выработкам. Размер расчетной области составил 5550 м на

4400 м, а общая площадь – 24,42 км². Расчетные точки располагались с интервалом 50 м. Общее число расчетных точек составило 9968.

Положение выработок в пластах с выделением отдельных шахт, а также их положение относительно расчетной области показано на рис. 1–5.

Таблица 1 – Данные по очистным выработкам, которые приняты для расчета сдвижения и деформаций

Пласт	Всего выработок по шахтам	Количество выработок отдельно по шахтам					
		Шахта «Глубокая»	Шахта 60-лет Советской Украины	Шахта № 6 «Красная Звезда»	Шахта № 9 «Капитальная»	Шахта «Заперевальная» № 2	Шахта № 12
h_{10}	178	63	35	49	31	–	–
h_8	98	27	26	13	31	1	–
h_7	35	–	–	15	20	–	–
h_6	63	16	–	23	24	–	–
h_4	38	23	6	–	–	–	9
Всего	412	129	67	100	106	1	9

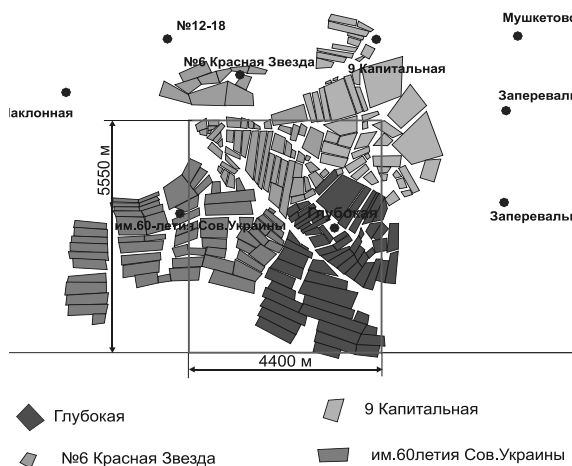


Рисунок 1 – Схемы расположения выработок по пласту h_{10}

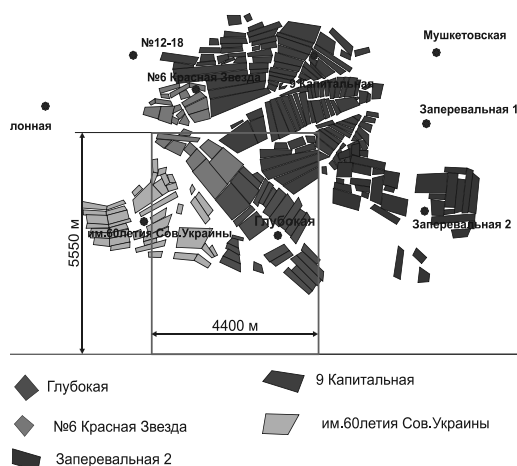


Рисунок 2 – Схемы расположения выработок по пласту h_8

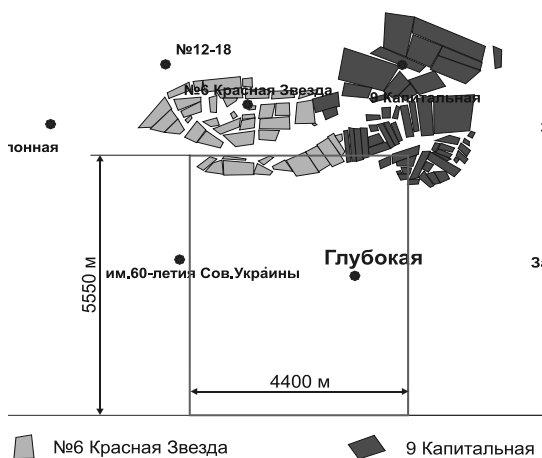


Рисунок 3 – Схемы расположения выработок по пласту h_7

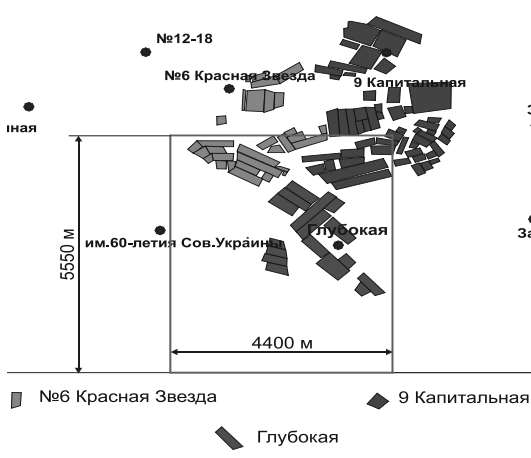


Рисунок 4 – Схемы расположения выработок по пласту h_6

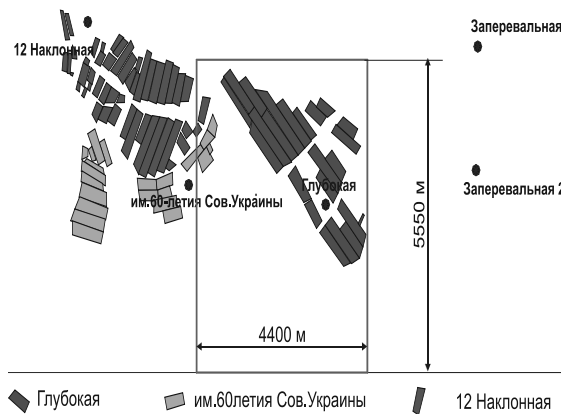


Рисунок 5 – Схемы расположения выработок по пласту h_4

Максимальные результаты прогнозных величин земной поверхности, полученные в пределах расчетной области, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Максимальные величины сдвига и деформаций

Параметры	Максимальные величины	
	от	до
Оседания, мм	0	739,0
Наклоны по простиранию, мм/м	- 3,6	4,8
Наклоны вкрест простирания, мм/м	- 4,8	5,3
Горизонтальные деформации по простиранию, мм/м	- 2,2	2,9
Горизонтальные деформации вкрест простирания, мм/м	- 2,3	2,3

Как видно из результатов расчета сдвига и деформаций земной поверхности при полном затоплении горных выработок ликвидируемой шахты «Глубокая» (см. табл. 2) величины деформаций земной поверхности достигают следующих значений:

- оседания – от 0 до 739 мм;
- наклоны по простиранию – + 4,8 – минус 3,6 мм/м;
- наклоны вкрест простирания – + 5,3 – минус 4,8 мм/м;
- горизонтальные деформации по простиранию – + 2,9 – минус 2,2 мм/м;
- горизонтальные деформации вкрест простирания – + 2,3 – минус 2,3 мм/м.

Застроенные территории на шахтном поле были разбиты на две зоны с различными по величине прогнозными деформациями земной поверхности:

- в первой зоне прогнозные деформации земной поверхности имеют следующие величины:
 - наклоны – 3,0–5,3 мм/м;
 - горизонтальные деформации – 1,0–2,9 мм/м.

– во второй зоне прогнозные деформации земной поверхности имеют следующие величины:

- наклоны – до 3,0 мм/м;
- горизонтальные деформации – до 1,0 мм/м.

В первую зону деформаций земной поверхности попадают только небольшая часть построек частного сектора поселка «Объединенный». Оставшаяся часть площади этой зоны незастроенная. Остальные здания и сооружения, расположенные на поле шахты «Глубокая», расположены во второй зоне деформаций земной поверхности.

Согласно действующим нормативным документам прогнозные величины деформаций земной поверхности не превышают допустимые как для зданий и сооружений, так и для подземных коммуникаций, поэтому полное затопление горных выработок ликвидируемой шахты в рассматриваемых горно-геологических условиях допустимо.

При расчете безопасного уровня затопления горных выработок гидравлически связанных ликвидируемых шахт «Постниковская» и «Шахтерская» был проведен анализ горно-геологических условий и исходных параметров, принятых при вычислении сдвига и деформаций земной поверхности. Вычислить деформации по отдельно взятой шахте в рассматриваемых условиях невозможно, т.к. по некоторым пластам смежных шахт горные работы перекрываются. Поэтому было принято решение объединить поля рассматриваемых шахт в единую систему. Для этого были отсканированы и метрически откалиброваны в единой системе координат все планы горных выработок. По всем планам горных выработок выполнена векторизация всех очистных выработок и подготовлена основа для расчета деформаций земной поверхности.

В табл. 3 приведена характеристика условий отработки угольных пластов по шахтам «Постниковская» и «Шахтерская».

В результате расчета сдвига и деформаций земной поверхности при полном затоплении горных выработок ликвидируемых шахт «Постниковская» и «Шахтерская» величины деформаций земной поверхности достигают значительных величин, а именно:

- наклоны по простиранию – + 15,2 – минус 19,7 мм/м;
- наклоны вкрест простирания – + 18,5 – минус 31,6 мм/м;
- горизонтальные деформации по простиранию – + 7,9 – минус 7,6 мм/м;
- горизонтальные деформации вкрест простирания – + 12,9 – минус 10,6 мм/м.

Согласно действующим нормативным документам эти величины деформаций земной поверхности значительно превышают допустимые как для зданий, так и для подземных коммуникаций, поэтому полное затопление горных выработок ликвидируемых шахт в рассматриваемых горно-геологических условиях недопустимо.

Таблиця 3 – Характеристика умовий отработки пластів

Пласт	Число выработок	Годы отработки		Мощность пласта, м		Угол паде- ния, градус		Глубина от- работки		Шахта
		начало	окон- чание	от	до	от	до	от	до	
h_8	70	1928	2001	1,07	1,45	10	29	31	980	№ 20
h_6	10	1978	2004	0,90	1,95	24	30	51	445	«Постниковская»
h_4^B	48	1961	1992	0,80	0,90	5	5	425	530	«Постниковская»
h_2^I	52	1956	2000	0,85	1,65	18	34	56	944	«Постниковская»
h_3	64	1954	1998	0,60	1,38	21	28	100	854	«Шахтерская»
h_2^I	152	1900	1999	0,75	1,24	21	45	19	1080	«Шахтерская»

Как следствие был выполнен расчет деформаций при затоплении горных выработок шахты «Постниковская» для уровня затопления до отметки +100 м. Прогнозные деформации при уровне затопления горных выработок шахты «Постниковская» до отметки + 100 м не превысили следующих величин:

- наклоны по простиранию – + 3,8 – минус 3,6 мм/м;
- наклоны вкрест простирания – + 3,7 – минус 3,9 мм/м;
- горизонтальные деформации по простиранию – + 2,3 – минус 1,9 мм/м;
- горизонтальные деформации вкрест простирания – + 2,9 – минус 2,6 мм/м.

Величины этих деформаций земной поверхности не превышают допустимых для зданий и сооружений, поэтому затопление горных выработок шахты «Постниковская» до отметки + 100 м допустимо.

При разработке «Проекта затопления горных выработок ликвидируемой шахты «Постниковская» были учтены результаты расчетов безопасного уровня затопления горных выработок с точки зрения сдвижения и деформаций земной поверхности на полях обеих шахт, что позволило выбрать правильные инженерные решения при разработке проектов затопления этих шахт.

ВЫВОДЫ. 1. В результате анализа фактических горнотехнических и горно-геологических условий в зоне влияния закрываемых шахт определены оста-

точные мощности обрабатываемых угольных пластов, которые использованы при расчете оседания и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения при затоплении горных выработок.

2. Определены уровни безопасного затопления горных выработок ликвидируемых шахт, что позволило выбрать экономически и технически обоснованные инженерные решения при разработке проектов ликвидации угольных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техногенные последствия закрытия угольных шахт: Монография / Под ред. Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермакова. – Донецк, 2004. – 631 с.
2. Вирішення геоecологічних і соціальних проблем під час експлуатації та закриття вугільних шахт / Янукович В.Ф., Азаров М.Я., Алексєєв А.Д. і ін. – Донецьк: ТОВ «Алан», 2002. – 480 с.
3. Артеменко П.Г., Шиптенко А.В., Педченко С.В. Особенности защиты от подтопления подрабатываемых территорий // Уголь Украины. – 2005. – № 9. – С. 46.
4. Питаленко Е.И., Камбурова Л.А., Артеменко П.Г. и др. К вопросу определения коэффициента заполнения горных выработок и времени затопления шахт // Матеріали міжнародної конференції 11–13 жовтня 2007 р. «Форум гірників–2007». – Дніпропетровськ: НГУ, 2007. – С. 113–122.

NO-EFFECT LEVEL OF MINE WORKINGS INUNDATION AS A CRITERION OF WET CONSERVATION OF COAL MINES

S. Pedchenko, A. Yagmur, N. Drozdova

Ukrainian State Research and Design Institute of Mining Geology, Rock Mechanics and Mine Surveying, National Academy of Sciences of Ukraine (UkrNIMI, NAS of Ukraine)

vul. Chelyuskintsev 291, Donetsk, 83001, Ukraine. E-mail: Ledy.Sv@yandex.ru

For the last two decades bulk shutdown of exhausted and unprofitable coal mines became a source to a number of serious engineering and economic problems in the present-day economic environment. Years of coal mining have re-

sulted in practically irreversible human-induced changes in rock mass conditions, displacement of the boundaries of active, delayed and hindered exchange of underground water, changes in the degree and regions of their relationship with hydrographic surface objects and migration conditions. Rising of the mine water level and flooding a working with water are accompanied by water infusion of rocks and changes in their physical and mechanical properties. Here in the paper the authors have considered a problem related to specifying a safe level of mine workings inundation during their wet conservation. This will allow for choosing economically and technically sound engineering solutions when developing the projects for collieries liquidation with aim for preservation of residential and industrial development areas.

Key words: mine, wet conservation method, mine workings, no-effect inundation level.

REFERENCES

1. Gavrilenko, Yu.N., Ermakova V.N. (2004), *Tekhnogenny posledstviya zakrytiya ugolnykh shakht* [Manmade emergencies of coal mine shutdown]: Monograph, Donetsk, Ukraine.

2. Yanukovich, V.F., Azarov, M.Ya., Alekseev, A.D., Antsiferov, A.V., Pitalenko, E.I. (2002), *Vyrishennia geoekologichnykh i sotcialnykh problem pid chas ekspluatatsii ta zakryttia vugilnykh shakht* [Solutions of geoenvironmental and social problems when operating and closing coal mines], LLC Alan, Donetsk, Ukraine.

3. Artyomenko, P.G., Shiptenko, A.V., Pedchenko, S.V. (2005), "Special considerations relating to protec-

tion against underflooding of territories being undermined", *Ugol Ukrainy*, no. 9. pp. 46.

4. Pitalenko, E.I., Kamburova, L.A., Artyomenko, P.G., Pedchenko, S.V., Yagmur, A.B. (2007), "On the determination of mine workings fill coefficient and time for flooding mines with water", *Proceedings of the international conference Miners Forum-2007*, Dnipropetrovsk, NMU, 11–13th of October 2007, pp. 113–122.

Стаття надійшла 20.03.2013.