

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТИ «ІМ. М.І. КАЛІНІНА» ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОРУШЕНОГО ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

К.Є. Бойко, О.А. Улицький, О.В. Луньова, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Україна

На підставі фактичних даних по рівнях затоплення гірничих виробок виведеної із експлуатації шахти «ім. М.І. Калініна» за період 01.11.2017 – 01.07.2019 рр., здійснено розрахунок прогнозного часу досягнення дзеркала шахтних вод верхньої межі гірничих робіт. Динаміка темпів затоплення гірничих виробок дозволяє вказати на особливості процесу затоплення шахт Центрального району Донбасу, що проявляється у наступному. На першому етапі відбувається заповнення порожнин, що характеризується великою швидкістю затоплення гірничих виробок і триває 1-1,5 роки. Другий етап характеризується стабілізацією швидкостей та відновленням ємнісних запасів підземних вод осушених масивів порід. Достовірність розрахунків прогнозного часу затоплення перевірена за допомогою аналітичного рівняння.

Природна гідродинамічна ситуація Центрального району Донбасу (далі - ЦРД) є порушеною в результаті шахтного видобутку вугілля. У межах району відбувся перехід до абсолютно нового стану геологічного середовища з новими граничними умовами геофільтраційного потоку [3]. На сьогодні 22 із 27 шахт ЦРД вже затоплені (табл.1). Як наслідок затоплення, у межах шахтних полів можуть відбуватися такі негативні процеси як зміна гідродинамічного режиму та гідрохімічної обстановки геологічного середовища, погіршення фізико-механічних властивостей гірських порід, що супроводжується просадками, а також підтоплення територій.

Таблиця 1.

Показники рівня затоплення шахт ЦРД

Назва шахти	Абс.відм. поверхні, м	Абс. відм.рівня затоплення на 01.01.2019 р.
ім. Ізотова	269,1	-108,8
ім. Румянцева	268,5	-357,6
ім. М.І. Калініна	282,7	-249,4
Олександр-Захід	302,5	-
Кондратівська	279,8	-217,3
Углегорська	274,6	-158,6
№ 3, 4	225,5	-
Олександрівська	232,9	-
Булавінська	245,6	-155,2
Ольховатська	258	-40
ім. Гагаріна	192	-
Комсомолец	208	-22,6
ім. Леніна	216	-20,6
Кочегарка	255,1	-
ім. Гаєвого	264,5	-175,6
ім. К. Маркса	225,9	-244,2
Красний Профінтерн	237	-223

Красний Октябрь	195	-211,9
Юнком	212	-409,2
Полтавська	284	46,5
Єнакіївська	283,5	46,5
№ 2-біс (ртутна)	240	-

В межах гірничих відводів шахт «Олександр-Захід», «Ім. М.І. Калініна», «Кондрат'ївська», «Ім. Гаєвого», знятих з експлуатації, розташовані проммайданчики Горлівського хімзаводу та виробничі потужності ПАТ «Стирол», що створює додаткову небезпеку забруднення навколишнього середовища та прилеглих територій токсичними сполуками моноклорбензолу у разі їх затоплення [9].

Виходячи із вищенаведеного, актуальним завданням еколого-гідрогеологічних досліджень є визначення часу затоплення гірничих виробок шахт.

Аналіз геологічних матеріалів дозволяє стверджувати, що сучасні геофільтраційні параметри масиву порід, характерні для новітніх умов порушеного геологічного та гідрогеологічного середовища, у типових шахтах «Олександр-Захід», «Ім. М.І. Калініна», «Ім. Гаєвого» характеризуються однорідністю у гідродинамічному процесі режиму затоплення [7]. При цьому слід зазначити, що всі шахти ЦРД гідравлічно пов'язані між собою. (рис.1).

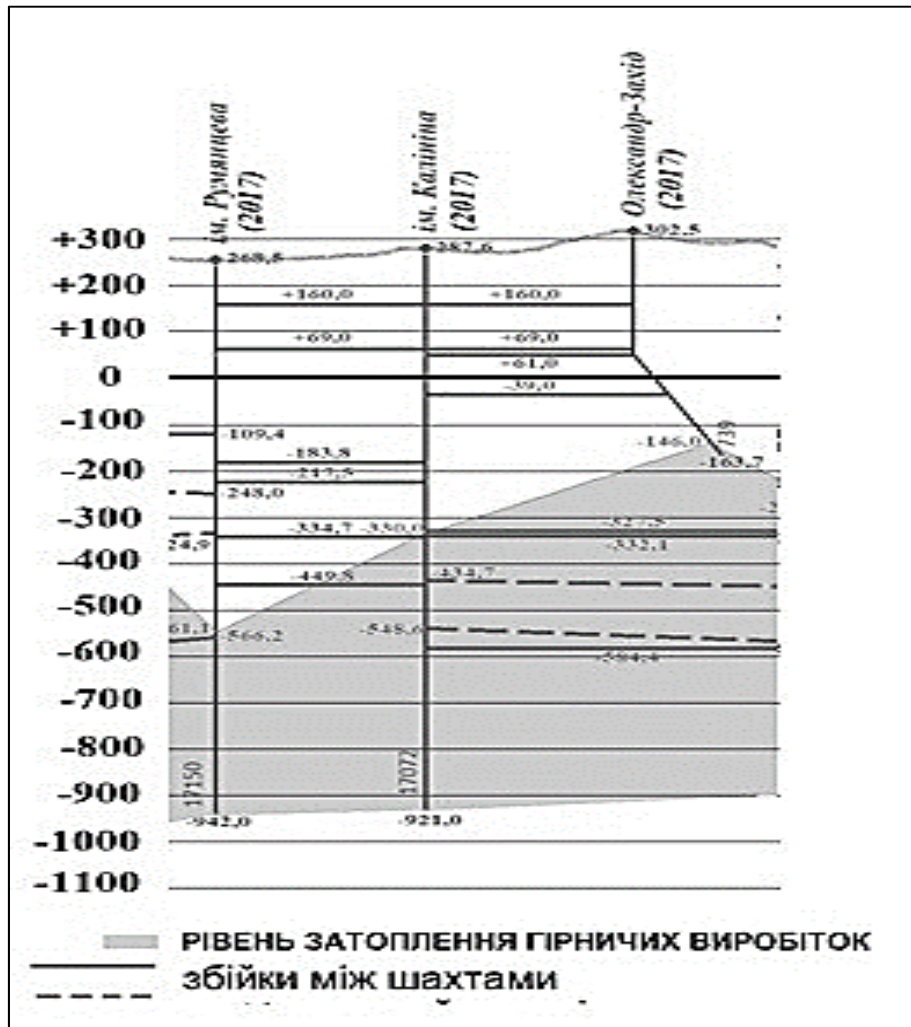


Рис.1. Схема гідравлічних зв'язків між шахтами «Ім. М.І. Калініна», «Ім. Румянцева», «Олександр-Захід» [10]

Шахта «Ім. М.І. Калініна» розробляла вугілля з кінця минулого століття. Максимальний обсяг видобутого вугілля складав 1,12 млн. тон [2]. Розробляла вугільні пласти тз, т5, нз, т5',

k_7' середньою потужністю 0,5-1,0 м, що характеризуються кутами падіння 51-53°. Глибина гірничих робіт сягнула 1080 м. Середній водопріплив у гірничі виробку шахти складає 410 м³/год. Водовідлив на шахті припинено у 2017 р. З моменту припинення водовідливу швидкість затоплення змінювалась від 0,03 до 1,33 м/добу, а середня швидкість за 560 діб становить 0,18 м/добу (табл.2).

Таблиця 2.

Результати розрахунку швидкості затоплення стовбуру шахти «ім. М.І. Калініна» після зупинки водовідливу

Час від початку зупинки водовідливу, діб	Абсолютна відмітка рівня затоплення, м	Підйом рівня, м	Швидкість затоплення, м/добу
	-1080	фіксація рівнів не здійснювалась	-
0	-620*	-	-
30	-580	40	1.33
60	-560	20	0.33
90	-540	20	0.22
120	-475	65	0.54
150	-450	25	0.17
180	-442	8	0.04
210	-402	40	0.19
240	-359	43	0.18
270	-341	18	0.07
300	-330	11	0.04
330	-295	35	0.11
360	-270.9	24.1	0.07
390	-259.4	11.5	0.03
420	-249.4	10	0.02
450	-236.3	13.1	0.03
480	-206.3	30	0.06
510	-189.8	16.5	0.03
540	-175.2	14.6	0.03
570	-147.3	27.9	0.05
600	-121.2	26.1	0.04

*- перший замір рівня затоплення відбувся на абс.відм. -620 м.

Графік динаміки швидкості затоплення за встановлений період, побудований на основі даних таблиці 1, демонструє високі темпи затоплення впродовж першого року з моменту припинення водовідливу, і суттєве зниження темпів та стабілізацію швидкості з 450-ї доби від початку затоплення (рис.1). Це пояснюється наступним - затоплення гірничих робіт з моменту припинення водовідливу відбувається спочатку поблизу гирла стовбурів шахт, а потім (із урахуванням похилу 0,015) поширюється в технічних межах простягання гірничих робіт (на відстані 2-4 км). Відпрацьований простір, що являє собою суто порожнини, більшість яких задавлені гірничим тиском (при $K_3=0,38$), заповнюється швидше, ніж відбувається насичення відкритих пор порід в умовах відсутності зон розвантаження підземних вод та гідравлічного опору у депресійній воронці. За умов формування ресурсів підземних вод така закономірність пояснюється залученням інфільтраційного живлення на перших стадіях затоплення, і, у подальшому, перерозподілом складової водного балансу на відновлення ємнісних запасів осушеного породного масиву.



Рис. 1. Динаміка швидкості затоплення гірничих виробок шахти «ім. М.І. Калініна»

Враховуючи динаміку затоплення гірничих виробок шахти «ім. М.І. Калініна», неусталений гідродинамічний режим проявляється у зміні темпів підйому рівня шахтних вод. З метою прогнозу часу затоплення, а саме – моменту досягнення рівня шахтних вод верхньої межі гірничих робіт, нами використано рівняння тренду логарифмічної кривої, що апроксимує відрізок часу (обмежений прямокутником на рис.1), для якого характерна стабілізація темпів затоплення, починаючи з 450-ї доби. Для цього побудовано графік, що характеризує підйом рівня затоплення гірничої виробки шахти «ім. М.І. Калініна» на період усталеної швидкості затоплення, і лінію тренду до нього (рис.2). Рівняння тренду має наступний вигляд:

$$y = 380.33 \ln(x) - 2559.7 \quad (1)$$

де x – аргумент функції – час від початку припинення водовідливу, діб; y – функція – абс. відм. рівня затоплення, м.

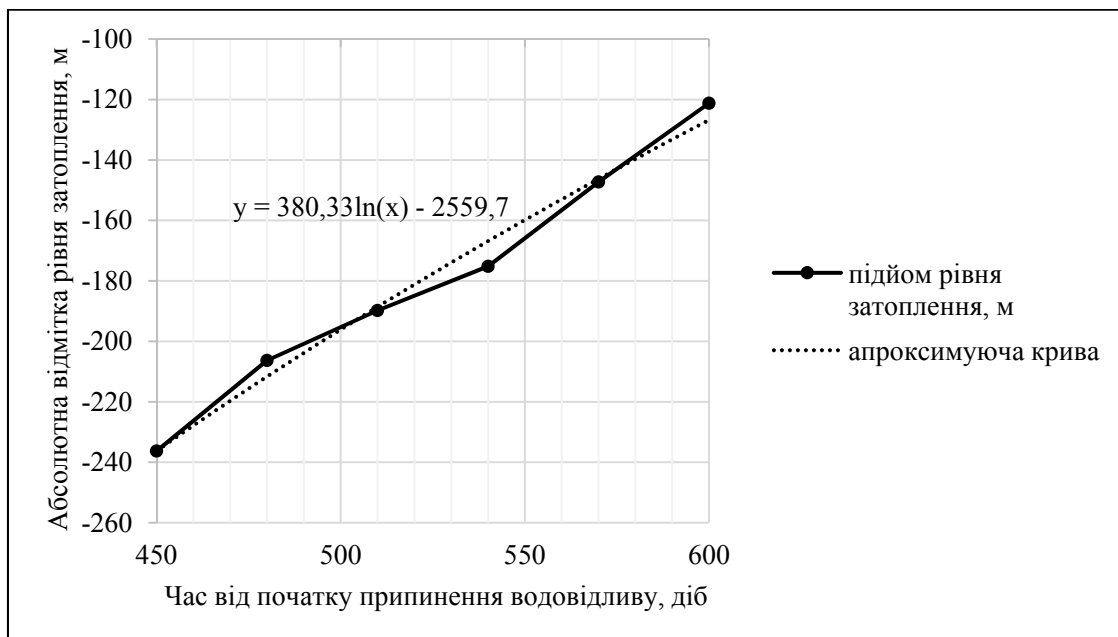


Рис. 2. Відрізок усталеного періоду підйому рівня затоплення гірничої виробки із апроксимуючою кривою

В результаті використання рівняння (1), розраховано прогнозний час досягнення дзеркала шахтних вод рівня верхньої межі гірничих робіт, що знаходиться на глибині 50 м (абс. відм. – плюс 232,7 м).

Розрахунковий час затоплення (t) до відзначеної глибини складе 1500 діб.

При прогнозних розрахунках тривалості затоплення шахт, що ліквідуються, часто використовують рівняння (2), що враховує коефіцієнт заповнення [4].

$$K_3 = \frac{tQ}{V} \quad (2)$$

де K_3 – коефіцієнт заповнення (для групи шахт Центрального району Донбасу дорівнює 0,38);

t – час затоплення, діб;

V – об'єм виробленого простору, м³;

Q – водоприплив, м³/добу.

Використовуючи дані по об'ємах виробленого простору (табл. 3), значення K_3 та попередньо розрахований за формулою (1) час затоплення шахти ($t=1500$ діб), розраховано водоприплив.

Таблиця 3.

Об'єм виробленого простору у межах горизонтів шахти «ім. Калініна»

Горизонт шахти	Об'єм виробленого простору, тис.м ³
0-150	3896,6
150-225	4179,1
225-300	4489,4
300-410	5981,6
410-520	5917,4
520-630	5503,1
630-740	5923,7
740-850	4909,9
850-960	3402,5
960-1080	708,3
зумпф. ств.	13
Всього	44924,6

Водоприплив, розрахований із використанням рівняння (2), дорівнює 11380 м³/добу, або 474 м³/год, в той час, коли фактичний водоприплив становить 410 м³/год. Таким чином, можна підтвердити відносну надійність рівняння кривої апроксимації для розрахунку прогнозного часу затоплення шахти.

Необхідно зазначити, що прогнозна оцінка гідродинамічної обстановки при виведенні шахт з експлуатації значною мірою залежить від наявності вхідних даних, що описують граничні умови геофільтрації, наявність збійок – гідравлічних зв'язків, що може здійснюватись різними шляхами – по водоносних горизонтах (пластах), зонах тектонічних порушень, через міжшахтні бар'єрні цілики, збійки між гірничими виробками.

Аналітичні методи прогнозу техногенного режиму підземних вод не повною мірою відображають особливості його формування, особливо в умовах гірничих виробок шахт – адже надзвичайно складна структура гідрогеофільтрації у шахти обумовлена здебільшого неоднорідністю граничних умов і фільтраційних параметрів масивів гірських порід за глибиною та в плані. Тому з метою більш точного прогнозування гідродинамічної ситуації в умовах затоплення шахт, необхідно виконувати чисельне математичне моделювання геофільтраційного потоку із детальною схематизацією гідрогеологічних умов у природному та порушеному режимі. Аналіз показників рівнів затоплення, отриманих в результаті побудови моделі, яка враховує всі граничні умови та межі гідрогеофільтрації у порушених гідрогеологічних умовах, є більш надійною основою прогнозу часу затоплення гірничих

виробок шахт та прогнозу змін гідродинамічних параметрів та їх впливу на структуру геофільтраційного потоку на прилеглих територіях.

Список літератури:

1. Бондар О. І. Звіт про результати вивчення екологічної ситуації на території Донецької та Луганської області / О. І. Бондар, О. А. Улицький, В. М. Єрмаков. – Київ: Планета, 2018. – 72 с.
2. Вікіпедія [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Шахта_имени_М._И._Калинина_\(Донецк\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шахта_имени_М._И._Калинина_(Донецк))
3. Временные методические рекомендации по методам предварительной оценки изменений гидродинамической обстановки и оптимизации наблюдательной сети в системе мониторинга подземных вод в Донбассе при закрытии шахт / С. Г. Измайлов, Т. А. Денисенко, В. И. Пшеницына. – Днепропетровск.: ДО УкрГГРИ, 2001. – 67 с.
4. Время затопления шахт: прогноз и факт / Е. И. Питаленко, П. Г. Артеменко, С. В. Педченко, А. Б. Ягмур. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2007. – №1. – С. 165–172.
5. Гидроэкологические и техногенные последствия затопления угольных шахт: Монография / [О. А. Улицький, В. Н. Єрмаков, В. И. Бузило и др.]. – Днепропетровск: Литограф, 2014. – 128 с.
6. Моделирование процесса затопления шахты №2 "Новгородовская" с учётом дальнейшего использования её теплового ресурса / И. А. Садовенко, А. В. Инкин, Д. В. Рудаков, Ю. В. Хрипливец. // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. – №1(33). – С. 29–37.
7. Обосновать гидрогеологический режим и технологические решения по его поддержанию при закрытии угольных шахт Центрального района Донбасса (ЦРД) [Текст]: отчёт о НИР / Днепропетровский горный научный центр. Отделение угля, торфа и горючих сланцев Академии горных наук Украины; научный руководитель И. Садовенко; исп.: Ю. Разумный [и др.]. – Д., 1999. – 157 с.
8. Оценка экологических и технических рисков ведения горных работ на основе численного моделирования геофильтрации / И. Садовенко, А. Загриценко, Е. Подвигина, Н. Деревягина. // Mining of Mineral Deposits. – 2016. – №10(1). – С. 37–43.
9. Улицький О. А. Гідрогеологічні та геомеханічні фактори екологічної безпеки геологічного середовища в умовах зняття вугільних шахт з експлуатації : дис. докт. геол. наук : 21.06.01 / Улицький Олег Андрійович – Київ, 2014. – 287 с.
10. [Ulytsky, O., Yermakov, V., Lunova, O., Buglak, O. \(2018\). Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geology, 27 \(2\), 368-376. doi:https://doi.org/10.15421/111861](#)