

ДОМБРОВСЬКЕ ОЗЕРО: ПРОГНОЗИ І ФАКТИ

Розглянуті фактори, які визначають формування хімічного складу води при затопленні калійного кар'єру в м. Калуші (Івано-Франківська область). Доведено, що внаслідок руйнування бортів кар'єру береги і дно озера ізолюються від соленосних відкладень і здійснюється опріснювання розсолів.

Ключові слова: затоплення кар'єру, розчинення, розсоли, деформації.

Рассмотрены факторы, определяющие формирование химического состава воды при затоплении калийного карьера в г. Калуш Ивано-Франковской области. Доказано, что вследствие разрушения бортов карьера берега и дно озера изолируются от соленосных отложений и происходит опреснение рассолов.

Ключові слова: затопление карьера, растворение, рассолы, деформации.

Factors are considered, generated chemical composition of water during influention of potassium open pit near in the Kalush of Ivano-Frankivsk region . It is set, that destruction of open pit edges beach and bottom of the lake is isolated away from salt deposition. Take place elimination of water mineralization

Key words: influention, open pit, solution, salt water, deformations.

Вступ. В м. Калуші Івано-Франківської області з 1967 до 2005 року діяв Домбровський кар'єр з видобутку калійної руди. До 2008 в кар'єрі працювала система осушення, яка складалася із траншеї для перехоплення припливу води з четвертинних відкладів і збірника розсолів у відпрацьованій південній частині кар'єру. Воду із траншеї скидали в річку, а розсіл закачували в шахту. У січні 2008 р. осушення припинили, почалося затоплення кар'єру. Після липневої повені затоплення різко прискорилося. На місці кар'єру утворюється озеро.

У геологічній будові родовища виділяється три основні елементи: калійні руди у соленосній брекчії, глиниста кора вивітрювання та четвертинні відклади. Калійна руда складена легко розчинними галітом, каїнітом, сільвіном та менш розчинними лангбейнітом, кізеритом, полігалітом, ангідритом. Вміст нерозчинних глинистих домішок - 15-17%. Вміщуючі породи представлені глинами та пісковиками з вмістом до 45% галіту. Кора вивітрювання соленосних порід - глинисто-гіпсова шапка (ГГШ) має потужність від 3-4 до 24 м. Підшва ГГШ залягає на відмітках 262-274 м, покрівля - 276-278 м. Четвертинні відклади представлені водоносними гальковиками потужністю 2-18 м і суглинками, потужністю 2,5-6 м.

Відмітка земної поверхні навколо кар'єру 300-303 м. Об'єм виробленого простору 52.5 млн. м³. Відмітка дна південної частини кар'єру 173 м, північної 237 м. Кут відкосу уступів у суглинках і гальковиках 35°, в ГГШ 50°. Скельний розкрив здійснювали уступами висотою 15 м, генеральний кут відкосу 65⁰. Навколо кар'єру споруджена дренажна траншея довжиною 5,3 км і глибиною до 25 м, її об'єм 2.3 млн. м³. Між кар'єром і траншеєю залишений цілик шириною 100 м. На північному борті на відтинку 160 м цілик відроблений, траншея відсутня.

Актуальність. У зв'язку з незворотнім затопленням кар'єру виникла дискусія про його екологічні наслідки. Так, автори статті [4] вважали, що озеро буде солоним, внаслідок чого станеться засолення четвертинного водоносного горизонту. Протилежну думку відстоювали автори даної статті, які на підставі фізичного моделювання і

теоретичних розрахунків довели, що верхня частина водної товщі буде прісною і небезпеки для довкілля не буде [2, 3]. Тому вельми актуальним є оцінка достовірності виконаного прогнозу хімічного складу води в Домбровському озері.

Методика досліджень. Для досягнення вказаної мети були проведені спостереження за динамікою затоплення кар'єру, фотодокументація стану бортів, проміри глибини озера, поінтервальне гідрохімічне опробування обох частин кар'єру за стандартними методиками.

Затоплення кар'єру. Методика прогнозування динаміки затоплення кар'єрних виїмок запропонована А.М.Гайдіним у 2003 році [1]. У випадку Домбровського кар'єру завдання спрощується тим, що до досягнення рівнем підшови четвертинного водоносного горизонту водоприток залежить тільки від метеорологічних факторів. Для визначення притоку побудований графік залежності об'єму виїмки від рівня заповнення (рис.1).



Рис. 1. Графік залежності між рівнем та об'ємом затоплення

За цим графіком по величині підняття рівня за деякий період часу визначається прирощення об'єму води. Так, за 4,5 роки, з вересня 2008 по березень 2012 р. рівень води піднявся з 256 до 271 м, прирощення об'єму склало 15 млн. м³. Поділяючи об'єм води на час (4,5 років), визначаємо приток, який становить 3,3 млн. м³/рік. Знаючи величину притоку, визначаємо час підняття рівня до покрівлі солей і до повного затоплення.

До покрівлі солей залишилося вільного простору 6 млн. м³, тобто соленосні породи будуть затоплені менше ніж за два роки. Об'єм вільного простору від криві солей до відмітки повного затоплення (295 м) становить 18,6 млн. м³, час затоплення без врахування зменшення припливу ґрунтових вод 6 років. Дослідження, проведені на затоплених сірчаних кар'єрах, показали, що, внаслідок мінливості метеорологічних факторів, точність прогнозів залежить від часу затоплення [1]. При терміні затоплення 6 років помилка досягає 25%, тобто фактично затоплення може продовжуватися від 5 до 7 років.

Деформації бортів кар'єру. В роботах [2, 3] було показано, що внаслідок розчинення соляних бортів у них на рівні води утворюється ніша (рис.2а). Стеліна ніші горизонтальна, відповідає рівню води. Нерозчинний осад падає з покрівлі, утворюючи призму під кутом природного укосу і накопичується на поверхні солей. Бокова поверхня ніші покривається осадом. Виміри глибин в кар'єрі показали, що нахил підводного схилу становить від 20 до 32⁰, в середньому становить 29⁰. На ділянках, де нахил борта менший, ніж кут природного відкосу нерозчинного осаду, розчинення борту взагалі не здійснюється.

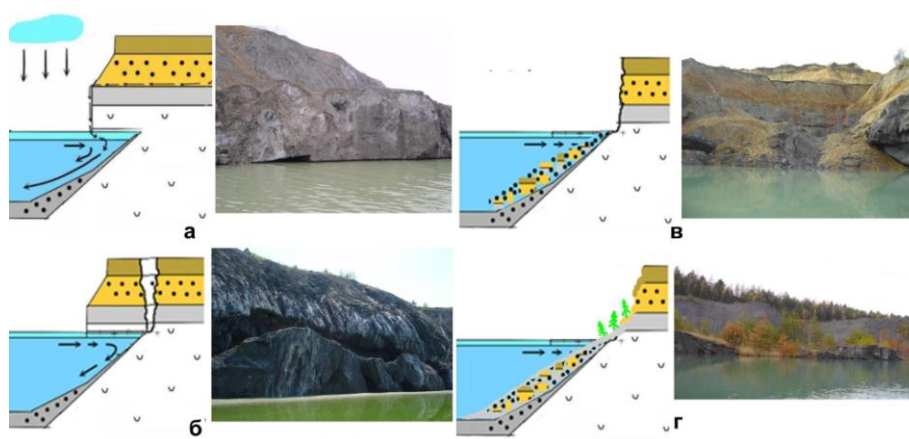


Рис. 2. Стадії деформації бортів Домбровського кар'єру. а – формування ніші вилугування; б – обвали бортів; в – зсуви четвертинних відкладів; г – опливання знесолених глин та додаткова гідроізоляція дна.

Як і було передбачено, коли потужність соленосних відкладень над рівнем води зменшилася до 6 м, розпочалися масові обвалення бортів (рис. 2б). На значній частині західного берега соленосні відкладення перекрилися продуктами обвалення і розчинення бортів уповільнилося або й припинилося. Приблизно 350 м борту в південній частині кар'єру також вже прикрита зсувом четвертинних відкладів. У більшості випадків відступлення борту визначається шириною берми, складеної глинами. Після обвалення на ширину берми виникає зсув четвертинних відкладень і поверхня солей захищається від розчинення (рис.2в). Обвалені соляні блоки утворюють прибережні скелі, які швидко розчиняються. Уламки глинистих порід та раніше знесолені відклади, на яких встигла вирости деревна рослинність, сповзають і розповсюджуються дном озера додатково гідроізолюючи корінні солевмісні породи (рис.2г).

За рахунок накопичення нерозчинного осаду глибина південної ділянки кар'єру вже зменшилася на 20 м. Північний борт засипаний продуктами обвалення та в результаті робіт з відсіпки підпоруї призми на 50%. На західній його половині розвивається зсув, зсувні маси повністю ізолювали виходи солі. Інтенсивно продовжується розчинення солей тільки на східному березі північної частини, де калійні руди розкриті на великій площі. Там утворюються глибокі яри.

Таким чином на сьогодні в озері проходить стадія обвалення бортів, після чого визначальним чинником формування хімічного складу озерних вод буде хвильовий розмив.

Хвильовий розмив в період затоплення гальковиків буде незначний, оскільки високі береги ще захищають плесо від вітру, а гальковики слабо піддаються розмиву. Суттєвий розмив почнеться після того, як рівень води досягне суглинків. Вони дуже швидко розмиваються, тут буде формуватися прибережна мілина під кутом $1-2^{\circ}$ [1] і субвертикальний кліф. Можлива ширина зони розмиву становить до 40 м [5]. При тому буде розмиватися цілик між озером і дренажною траншеєю.

Таким чином, у деформаціях бортів можна розрізнити наступні стадії:

1) утворення ніш розчинення, 2) обвали, 3) розмиви гальковику, 4) розмиви суглинку. Продукти руйнування берегів спливають на підводні схили і дно озера, надійно ізолюючи водну товщу від соленосних порід.

Хімічний склад розсолів. Виведені формули [2,3] дозволяють вирахувати кількість солей, які розчиняться при затопленні кар'єру. Площа вертикального перетину ніші F становить

$$F=0,5 \cdot H \cdot L, \quad (1)$$

де H -висота затопленого борта, L -глибина ніші.

Об'єм порід V , які розчиняться при затопленні, визначається з формули

$$V=F \cdot P, \tag{2}$$

де P-довжина ділянки борта кар'єру з визначеними параметрами. Маса розчинених солей M дорівнює

$$M=0,5 \cdot H \cdot L \cdot P \cdot (1-c) \cdot \gamma, \tag{3}$$

де γ -питома маса порід, C – вміст нерозчинних домішок. Середня мінералізація розсолу після затоплення соленосної товщі дорівнює відношенню маси розчинених солей до об'єму води, який в інтервалі відміток 250-278 м становить 16 млн. м³.

Для орієнтовної оцінки приймаємо H=28 м, L=25 м, P=5000 м, c=0,5, $\gamma=2 \cdot 100 \text{ кг/м}^3$. Підставляючи дані, одержимо M=1840 млн. кг. Середня мінералізація розсолу дорівнює 1840:16=114 кг/м³. Фактична концентрація розсолів у верхній частині водної товщі наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Зміни концентрації розсолів в північній частині кар'єру

Мінералізація, г/л	Глибина, м				
	0	3	5	10	20
Квітень 2009 р.	165		301	327	
Квітень 2010 р.	148		222	222	310
Червень 2010 р.	128	192	222	222	
Березень 2012 р.	108		158	218	358

Як видно із таблиці, мінералізація розсолу в часі зменшується і порядок цифр не розходиться з розрахунком. Проведені моніторингові дослідження дозволяють прогнозувати у часі динаміку затоплення та формування прісноводної товщі у Домбровському озері (рис.3).

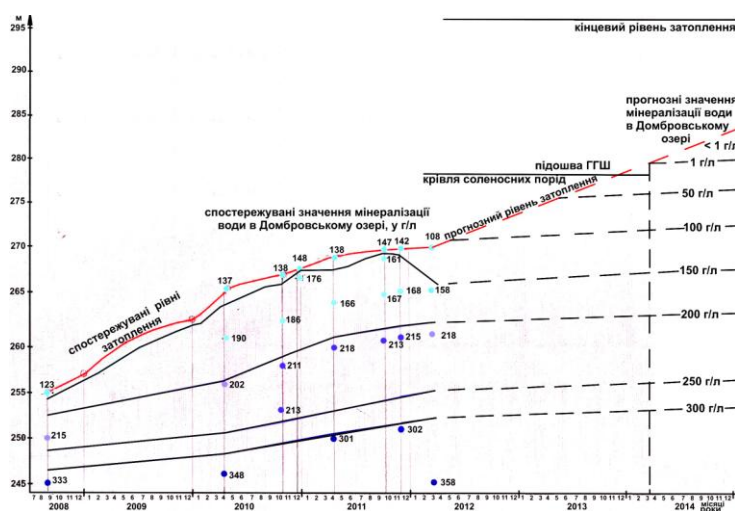


Рис. 3. Результати моніторингових спостережень за змінами рівнів та мінералізації води у Домбровському озері та їх прогноз при подальшому затопленні.

Накопичення прісної води. З моменту обвалення берегів розчинення солей припиняється і над розсолу накопичується прісна вода. Після затоплення рівень води в озері буде на відмітці 295 м, це на 3 м нижче рівня води на контурах живлення - в каналі і руслі Сивки. Тому озеро буде служити місцем розвантаження води четвертинного водоносного горизонту. Крім того, на площу озера буде випадати близько 1 млн.м³ опадів.

Якщо буде споруджений канал для впуску води в озеро з річки Сивки, живлення озера буде здійснюватися переважно річковою водою.

Товщина шару прісної води відповідає різниці між відміткою затоплення (295 м) і відміткою покрівлі соленосної товщі (278 м), що становить 17 м. Внаслідок різниці густин прісна вода розповсюджується над поверхнею розсолів, майже не змішуючись з ними. Прісна вода буде займати верхню частину водної товщі озера, а накопичений розсіл – нижню. Перемішування води під впливом вітрових хвиль розповсюджується на глибину, яка дорівнює висоті хвилі, тобто не виходить за межі ліній розділу між солоною і прісною водою. Більш інтенсивно проходить перемішування води в результаті осінньої температурної інверсії. За літо вода в озері нагрівається до 20-25⁰С, густина такої води становить 0.997 г/см³. Восени в озеро поступає вода з температурою 0-4⁰С з густиною до 1 г/см³. Температура солоної води становить 17-18⁰С, а густина 1,054 г/см³. Тому при інверсії холодна вода опускається вниз тільки до площини розділу між солоною і прісною водою. Конвективні течії здійснюються в ламінарному режимі, тому обмін солями між шарами прісної і солоної води може проходити тільки в результаті дифузії. Однак процес дифузії дуже повільний.

Природними аналогами стратифікованих озер можуть служити озеро Могильне, розташоване на острові Кільдин біля Кольського півострова та карстові озера над соляним куполом в у західній околиці с. Теребля Тячівського району Закарпатської області. В озері Могильному в результаті відокремлення частини моря піщаною косою, морська вода з соленістю 33 г/л локалізована у нижній частині, а прісна вода з вмістом солей менше 1 г/л поширена у верхній 5-ти метровій товщі. Зона змішування, де соленість води плавно збільшується, становить 2 м. При цьому у поверхневому шарі живе прісноводна фауна, а в глибинному - морська. Карстові озера в с.Теребля утворилися в результаті вилуговування галіту ґрунтовими водами та формування провалів. У придонній частині озер локалізована ропа з вмістом солей до 300 г/л, а у верхній частині – вода з мінералізацією біля 1 г/л, у якій водиться прісноводна риба.

Висновки. 1. В механізмі переробки берегів при затопленні соляного кар'єру виділяються наступні стадії: 1) розчинення солей в бортах з утворенням ніш; 2) обвалення порід над нішами; 3) зсуви четвертинних порід; 4) хвильовий розмив. Запропоновані методи інженерного розрахунку майбутнього профілю берегів.

2. В результаті переробки берегів соленосні відкладення будуть ізольовані від водної товщі і тому розсоли будуть утворюватися тільки в період затоплення соленосних порід. У кар'єрній виїмці створиться озеро з солоною водою на дні і верхнім шаром прісної води товщиною до 17 м.

3. У формуванні хімічного складу води в озері, що утворюється на місці кар'єру, виділяються наступні стадії: 1) утворення розсолів в період затоплення соленосної товщі; 2) накопичення прісної води в період затоплення четвертинних відкладень; 3) перемішування води в межах прісноводної товщі в результаті осінньої інверсії.

4. При рекомендованій відмітці затоплення 295 м озеро буде служити місцем розвантаження ґрунтових вод, тому засолення останніх з причини затоплення Домбровського кар'єру неможливе.

Таким чином, доведена можливість створення на місці калійного кар'єру озера, придатного для рекреаційного використання. Результати досліджень доцільно використати як основу комплексного проекту ревіталізації території в зоні впливу Домбровського кар'єру.

Література

1. Гайдін А.М. Нові озера Львівщини/ А.М.Гайдін, І.І.Зозуля – Львів: Афіша, 2009. - 104 с.

2. Гайдін А.М. Прісне озеро на місці соляного кар'єру / А.М. Гайдін, В.О. Дяків// Науковий вісник Волинського нац. ун-ту ім.Лесі Українки. - № 17. - Луцьк, 2010. - С.86-90.

3. Гайдін А.М. Умови формування прісноводної товщі в озері на місці соляного кар'єру /А.М. Гайдін, В.О.Дяків // Збірник наукових праць Волинського нац. ун-ту ім. Лесі Українки - № 7. Природа Західного Полісся та прилеглих територій - Луцьк, 2010. - С.50-64.

4. Долін В.В. Прогнозування екогідрогеохімічної ситуації при затопленні Домбровського кар'єру калійних руд / В.В. Долін, Є.О. Яковлев, Е.Д. Кузьменко, Б.Т. Бараненко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науковий журнал – 2010, №1, с. 74-87.

5. Кривоусов А.Я. Результати спостережень за процесом выщелачивания и разрушения соляных пород в уступах карьера. –Л.:ВНИИГ, 1974. - с.17.

Поступила в редакцію 19 квітня 2012 р.

Рекомендував до друку д.г.-м.н. О.М. Адаменко