

УДК 622.5:556.33(013)

© В.І. Тимошук, О.А. Савюк, Є.А. Шерстюк

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ КАР'ЄРНИХ ВОДОПРИПЛИВІВ З АЛЮВІАЛЬНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ НА ДІЛЯНЦІ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО БОРТУ КАР'ЄРУ ПРАТ "ІНГЗК"

© V. Tymoshchuk, O. Saviuk, Y. Sherstiuk

REGULARITIES IN THE FORMATION OF WATER INFLUX INTO THE OPEN-PIT MINE FROM THE ALLUVIAL AQUIFER AT THE NORTH-EASTERN SIDE OF PJSC "INGZK" OPEN-PIT MINE

Мета. Встановити закономірності формування та особливості розподілу кар'єрних водопривів у межах східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" та його північно-східної ділянки для обґрунтування ефективних технічних рішень щодо їх гідрозахисту.

Методика дослідження. Полягає у дослідженні умов формування кар'єрних водопривів на основі аналізу фактичних даних про геолого-гідрологічну будову залізрудного родовища, інтенсивність та характер водопроявів в межах східного борту кар'єру та їх залежність від кліматичних та гідрологічних факторів. Дослідження закономірностей формування та особливостей розподілу кар'єрних водопривів виконано за результатами чисельного моделювання геофільтраційних процесів, які визначаються складною гідродинамічною та геомеханічною взаємодією природних та технічних елементів в системі "залізрудний кар'єр – породний відвал № 3 – алювіальні відклади в заплаві річки Інгулець" в умовах порушеного гірничими роботами геологічного середовища.

Результати дослідження. Розроблена планово-просторова геофільтраційна модель досліджуваної території, що враховує особливості геологічної будови, характер залягання водонасичених і водотривких порід, їх гідродинамічні характеристики, наявність гідравлічного зв'язку між підземними і поверхневими водами, характер живлення та розвантаження водонасичених горизонтів як за площею, так і на їх контурах. За результатами вирішення епігнозних задач досягнута адекватність відображення геофільтраційною моделлю геолого-гідрологічних та геотехнічних умов досліджуваної території, в яких відбувається формування техногенно порушеного гідродинамічного режиму алювіального водонасиченого горизонту, та визначені розрахункові величини кар'єрних водопривів в межах східного борту кар'єру та його північно-східної ділянки.

Наукова новизна. За результатами геофільтраційного моделювання встановлена залежність величин кар'єрних водопривів та особливостей їх розподілу в межах східного борту кар'єру та його північно-східної ділянки від характеру залягання водопроникних алювіальних відкладень на еродованій поверхні водотривких глин та наявності в основі порідного відвалу в прибортовій частині кар'єру техногенного водонасиченого горизонту.

Практичне значення. Результати досліджень складають основу для обґрунтування технічних рішень щодо гідрозахисту північно-східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" в умовах подальшого розвитку гірничих робіт та визначення гідродинамічних параметрів водозахисних споруд.

Ключові слова: залізрудний кар'єр, підземні води, гідродинамічний режим, математичне моделювання, геофільтраційні процеси, кар'єрний водоприв

Вступ. Відкрита розробка залізорудних родовищ в умовах техногенно порушеного гідродинамічного режиму супроводжується формуванням значних за обсягами кар'єрних водоприпливів, що ускладнює ведення гірничих робіт і супроводжується розвитком негативних інженерно-геологічних процесів і явищ в бортах кар'єрів [1]. Це в повній мірі стосується і залізорудного кар'єру Інгулецького ГЗК, загальна величина водоприпливів до якого сягає 510-670 м³/год, в тому числі з алювіального водоносного горизонту – 90-120 м³/год.

Серед наслідків, викликаних обводненням бортів кар'єру, в особливості його північно-східного борту, слід виділити розвиток зсувних деформацій і явищ обвалення в інтервалі залягання піщано-глинистих алювіальних відкладень і підстилаючих їх осадових утворень неоген-палеогенового віку.

Одним із факторів, що впливає на характер водопроявів на ділянці північно-східного борту кар'єру, є розташування в межах цієї ділянки порідного відвалу № 3, який створює додаткове гідрогеомеханічне навантаження на порідний масив в прибортовій частині залізорудного кар'єру.

Наявність значних кар'єрних водоприпливів в умовах складної геолого-гідрогеологічної будови залізорудного родовища, а також існуюча просторова і часова невизначеність розподілу водоприпливів в межах північно-східного борту кар'єру ускладнює розробку ефективних технічних рішень, спрямованих на забезпечення його гідрогеомеханічної стійкості.

У зв'язку з цим метою роботи є встановлення закономірностей формування та особливостей розподілу кар'єрних водоприпливів в межах східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" та його північно-східної ділянки для обґрунтування ефективних технічних рішень щодо їх гідрозахисту.

Об'єкт дослідження – геофільтраційні процеси в межах шаруватого порідного масиву в умовах існуючого взаємозв'язку між елементами системи "північно-східний борт кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" – порідний відвал № 3 – заплава річки Інгулець".

Основна частина. У загальному випадку гірничо-геологічні умови північно-східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" визначаються складною гідродинамічною та геомеханічною взаємодією природних та технічних елементів системи "залізорудний кар'єр – породний відвал № 3 – алювіальні відклади в заплаві річки Інгулець", яка відбувається в умовах в цілому порушеного гірничими роботами геологічного середовища.

Протягом всього часу відпрацювання Інгулецького залізорудного родовища кар'єром ПРАТ "ІНГЗК" формування водоприпливів до кар'єру відбувалося за рахунок дренавання підземних вод тріщинуватої зони кристалічного масиву, теригенно-карбонатних відкладень палеоген-неогенового віку та четвертинного алювіального водоносного горизонту в заплаві річки Інгулець.

В межах східного борту діючого кар'єру визначальна частка в загальному обсязі кар'єрних водоприпливів належить саме алювіальному водоносному горизонту, який виконує роль транзиту підземних вод від річки Інгулець до контуру їх

дренування в інтервалі розкриття алювіальних відкладень бортом кар'єру.

Для захисту східного борту кар'єру від водопритливів, що формуються з алювіального горизонту, русло річки Інгулець було спрямлене і відведене на відстань до 400 м, а на східному борту кар'єру споруджена протифільтраційна завіса, яка представляє собою укладену в траншею і заповнену розчином бентонітової глини поліхлорвінілову плівку, з проектним коефіцієнтом фільтрації 0,001 м/доб.

Спорудження протифільтраційної завіси забезпечило досить ефективний захист східного борту кар'єру від фільтрації води з боку р. Інгулець, про що говорить різниця в рівнях води, зафіксована в спостережних свердловинах по обидві сторони протифільтраційної завіси, однак, ефективність завіси з часом була суттєво знижена за рахунок чисельних порушень її цілісності.

Аналіз матеріалів інженерних вишукувань, даних режимних спостережень та спостережень за динамікою водопритливів до кар'єру показав, що на сьогоднішній день основними джерелами формування кар'єрних водопритливів в межах східного борту кар'єру та його північно-східної ділянки є фільтраційні води річки Інгулець, за рахунок яких відбувається формування динамічних ресурсів алювіального водоносного горизонту, та інфільтраційне живлення четвертинного водоносного горизонту в межах розташування порідного відвалу № 3 в заплаві річки Інгулець.

Про визначальний вплив фільтрації з річки Інгулець на формування кар'єрних водопритливів свідчить їх залежність від взаємного положення русла річки та контуру кар'єру в межах його північно-східного борту (рис. 1). Про участь фільтраційних вод в живленні алювіального горизонту говорить також динамічно зростаюче обводнення східного борту кар'єру та хімічний склад підземних вод, які приймають участь у формуванні кар'єрних водопритливів.

Аналіз залежності величин водопритливів від кліматичних факторів свідчить про наявність досить стійкого зв'язку кар'єрних водопритливів від кількості атмосферних опадів та їх розподілу в річному перерізі в умовах існуючого впливу режиму р. Інгулець на формування кар'єрних водопритливів (рис. 2, 3).

Встановлена залежність дозволяє також розглядати формування акумулятивних вод в межах порідного відвалу у якості одного з чинників, який сприяє обводненню північно-східного борту кар'єру на ділянці його сполучення з відвалом № 3, розташованим в межах заплави р. Інгулець.

Непрямим свідченням впливу акумулятивних вод на гідродинамічний режим алювіального горизонту на ділянці порідного відвалу № 3 є розвиток зсувних процесів в межах північно-східного борту кар'єру та самого відвалу, які відбувалися протягом всього часу освоєння родовища. Так, на початку 80-х років минулого сторіччя років в межах східного борту кар'єру відбулося декілька локальних зсувів загальним об'ємом близько 1 млн. м³, причиною яких стало зволоження слабких глинистих порід, які складали уступи бортів кар'єру з абсолютними відмітками +24 м, +12 м, ±0,0 м, -15 м.

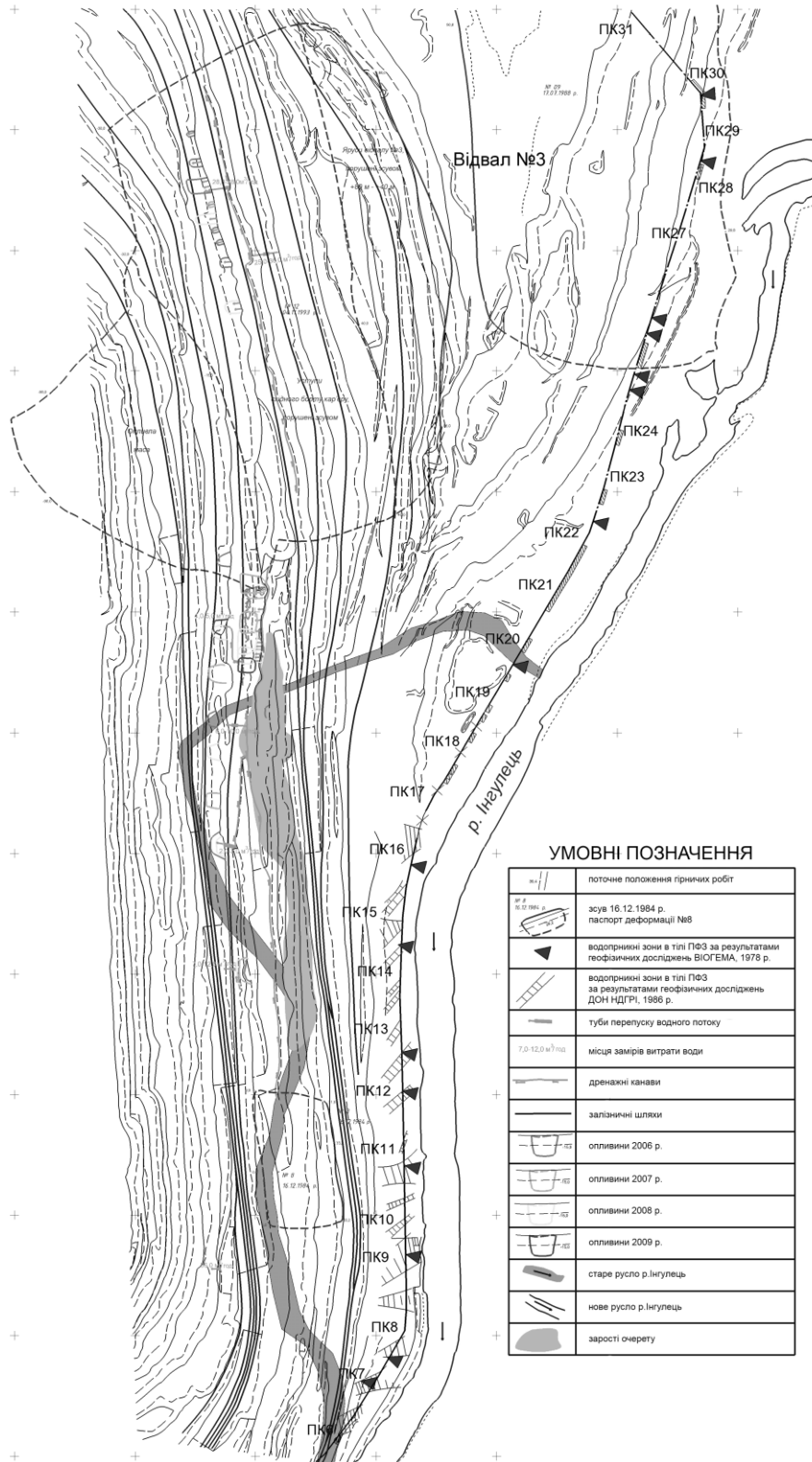


Рис. 1. Характер водопроявів та пов'язаний з ними розвиток деформаційних процесів в межах східного борту кар'єру (за даними ПРАТ "ІНГЗК")

Роль алювіальних відкладень в заплаві р. Інгулець в значній мірі визначається розвитком в ґрунтовій товщі шару пісків різнозернистих, зі щебенем кварцу та міцних кристалічних порід, галькою та гравієм, які мають високу гідравлічну проникність, що забезпечує транзит фільтраційних вод річки Інгулець до контуру дренавання, яким є східний борт кар'єру ПРАТ "ІНГЗК".

Характерною особливістю розподілу водопривлів в межах східного борту кар'єру та його північно-східної ділянки є їх приналежність до ділянок з пониженнями рельєфу покрівлі київських глин до абсолютних відміток менше +20,0 м, як правило +10,0 - +12,0 м. Так, за даними ПРАТ "ІНГЗК" інтенсивні водопрояви (до 50 м³/год станом на 21.06.1989 р.) в межах північно-східного борту кар'єру і пов'язані з ними масштабні зсувні деформації на ділянці сполучення з відвалом № 3 співпали з періодом входження борту кар'єру в зону з положенням покрівлі київських глин (підшви алювіальних різнозернистих пісків) на відмітках -6,0 - +7,0 м.

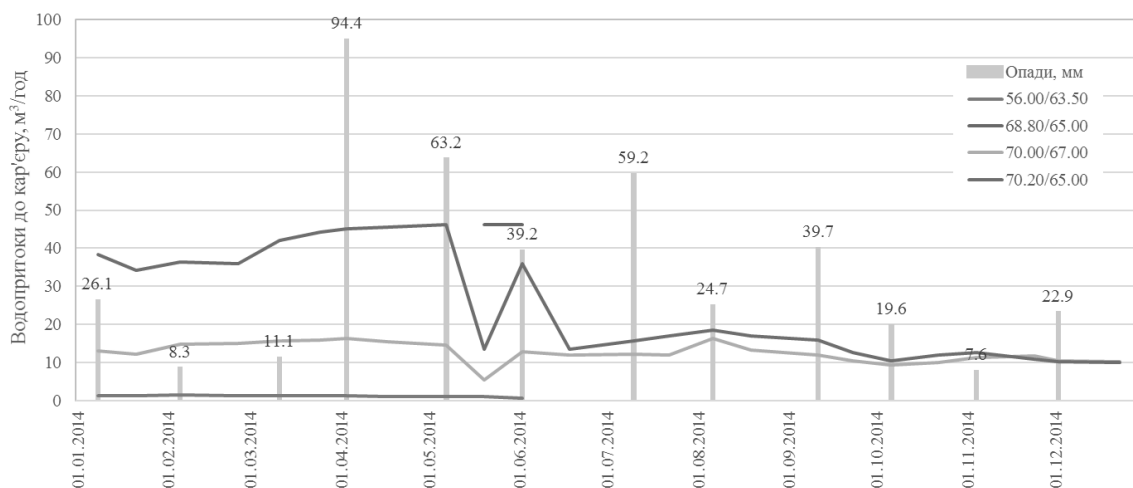


Рис. 2. Розподіл атмосферних опадів і кар'єрних водопривлів до східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" у річному перерізі, період спостережень – 2014 рік

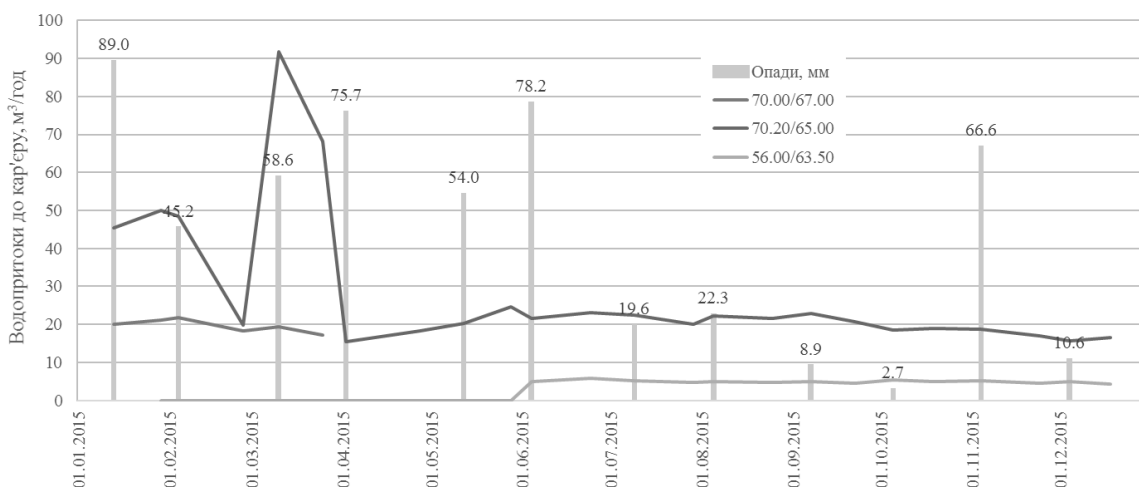


Рис. 3. Розподіл атмосферних опадів і кар'єрних водопривлів до східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" у річному перерізі, період спостережень – 2015 рік

Для дослідження умов формування кар'єрних водопріпливів і встановлення закономірностей їх розподілу в межах північно-східного борту кар'єру у програмному комплексі MODFLOW 2009.1 [7,8] розроблена геофільтраційна модель досліджуваної території, при розробці якої прийняті до уваги фактичні дані щодо величин кар'єрних водопріпливів в межах східного борту кар'єру, особливості залягання алювіальних відкладень на ділянці сполучення кар'єру з породним відвалом № 3, закономірності змін фільтраційних властивостей водовмісних відкладень в межах досліджуваної території, характер гідравлічного зв'язку річки Інгулець з водовмісними відкладеннями та прогнозований рівень інфільтраційного живлення техногенного горизонту на ділянці розташування порідного відвалу [2,3,4].

Розрахункова схематизація досліджуваної території виконана відповідно до особливостей геологічної будови, характеру залягання водовмісних порід і водотривких порід, їх гідродинамічних характеристик, наявності гідравлічного взаємозв'язку між підземними і поверхневими водами, характеру живлення і розвантаження водоносних горизонтів як за площею, так і на їх контурах [5,6].

Структура моделі у відповідності до наявності складованих у відвал № 3 порід, геолого-літологічної будови водовмісних відкладень алювіального водоносного горизонту, в підшві яких залягають водотривкі глини київського ярусу та відклади бучацького ярусу, представлена восьмишаровою товщею (рис. 4, 5), нижнім шаром якої згідно з геологічною будовою досліджуваної території є тріщинувата зона рудовмісного кристалічного масиву.

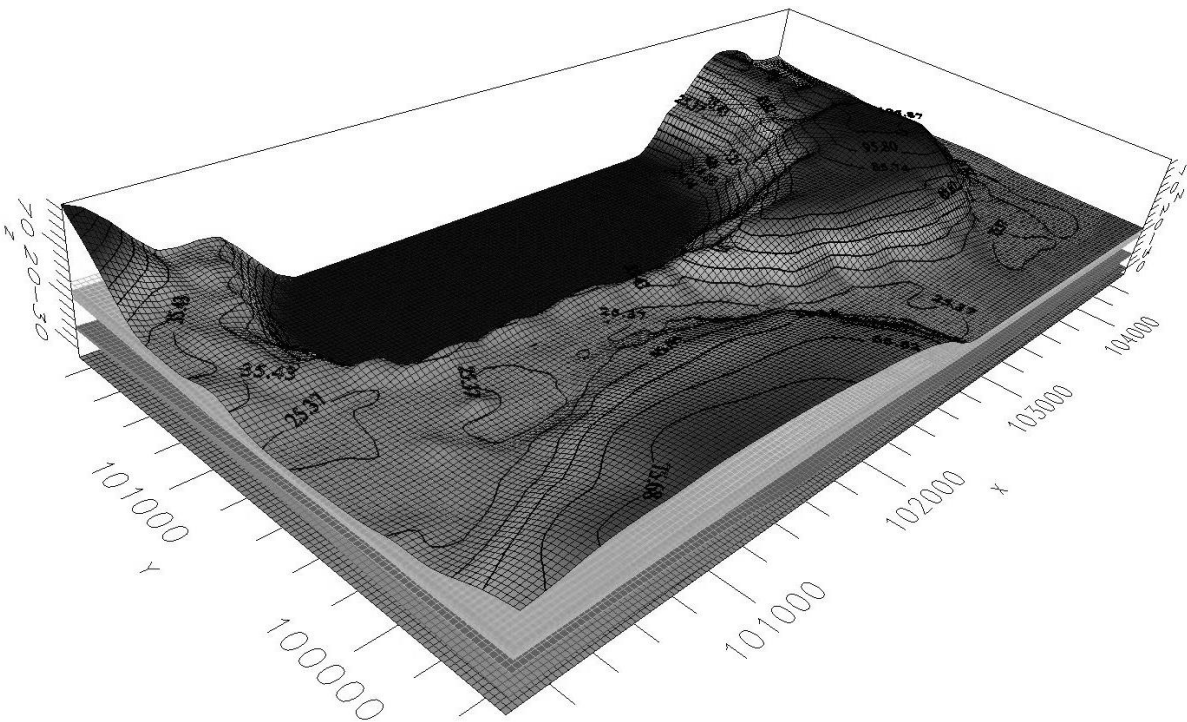


Рис. 4. Структура модельованої області в межах східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" та його північно-східної ділянки

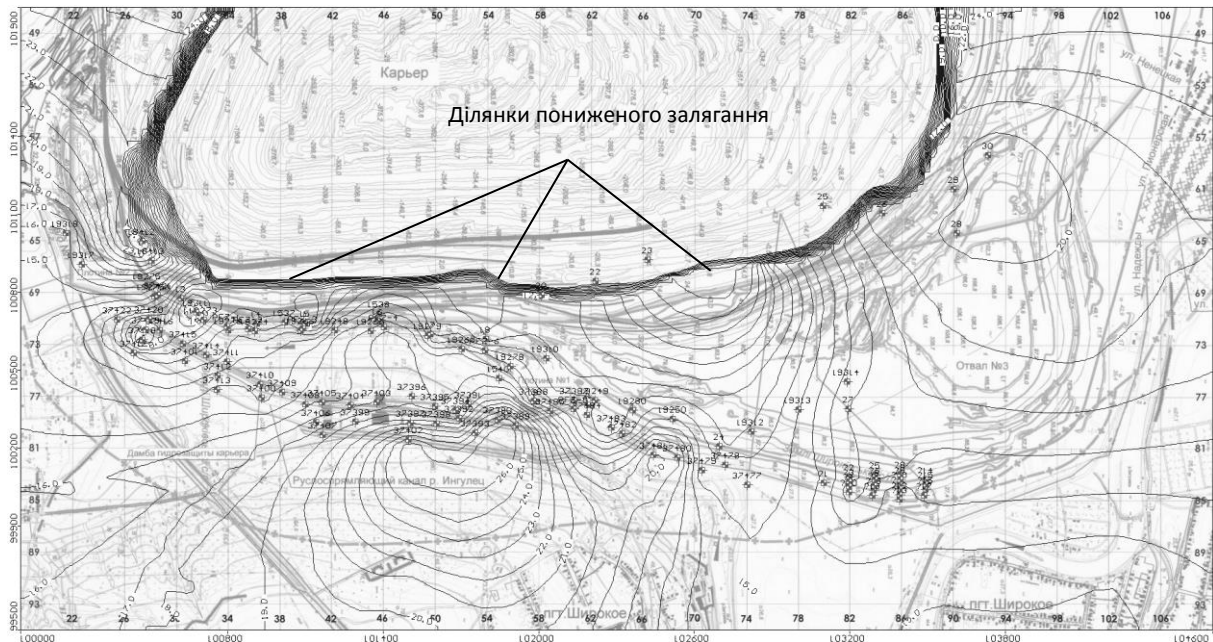


Рис. 5. Гіпсометрія покрівлі товщі кийвських глин в межах східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" та його панічно-східної ділянки, абс. відм., м

Розрахункові поверхні підземних вод в основі порідного відвалу і алювіальному водоносному горизонті в межах досліджуваної території, отримані за результатами епігнозного моделювання у відповідності до виконаної гідродинамічної схематизації, на період інженерних вишукувань представлені на рис. 6, 7.

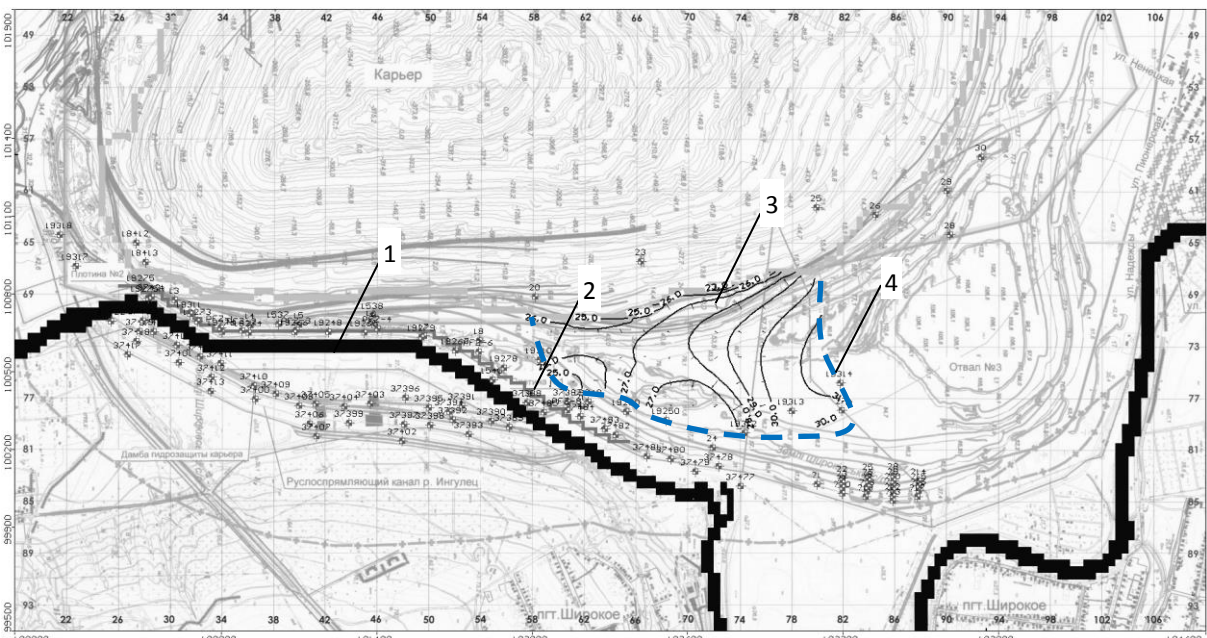


Рис. 6. Розрахункове положення рівневої поверхні обводненої зони порідного відвалу № 3 станом на квітень-травень 2015 року – епігноз, нестационарний режим фільтрації, м: 1 – існуюче положення русла річки Ингулец; 2 – протифільтраційна завіса; 3 – напрямок фільтраційного потоку; 4 – обводнена зона

Згідно результатів виконаних розрахунків формування гідродинамічного режиму алювіального горизонту на досліджуваній території відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, бокового притоку зі сторони вододільних ділянок (східна границя модельованої області) та надходження поверхневих вод з річки Інгулець, а розвантаження – шляхом виходу із водопроникних порід на контурі їх дренажу в межах східного борту кар'єру.

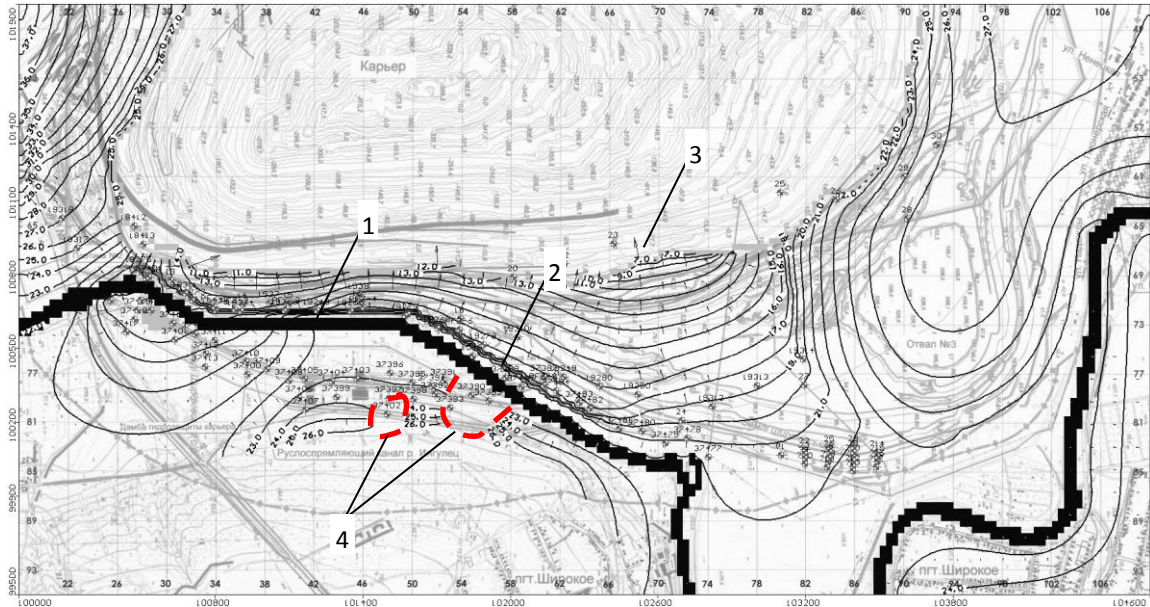


Рис. 7. Розрахункове положення рівневої поверхні підземних вод алювіального горизонту станом на квітень-травень 2015 року – епігноз, нестационарний режим фільтрації, м: 1 – існуюче положення русла річки Інгулець; 2 – протифільтраційна завіса; 3 – напрямок фільтраційного потоку; 4 – зони осушення

При цьому, в живленні алювіального горизонту, що знаходиться безпосередньо в зоні дренажного впливу кар'єру, переважаюча роль належить фільтрації із річки Інгулець.

Встановлений за результатами моделювання розрахунковий водопріплив на контурі розвантаження алювіального водоносного горизонту добре корелює з фактично встановленими величинами водопріпливу в межах східного борту діючого залізорудного кар'єру.

Згідно з даними ПРАТ "ІНГЗК" сумарний водопріплив до східного борту кар'єру станом на 2015 р. досягав 90-120 м³/год або 2160-2880 м³/доб. Отримана за даними епігнозного моделювання з урахуванням уточненого розрізу на границі кар'єру сумарна величина дренажного водовідбору для цього контуру складає 2374,9 м³/доб або 98,9 м³/год, що свідчить про задовільну збіжність розрахункових величин з фактично встановленими за даними замірів в межах східного борту кар'єру. Враховуючи втрати через підшву алювіального горизонту на південній ділянці борту кар'єру на рівні 551,6 м³/доб (22,9 м³/год), сумарний розрахунковий приток до східного борту становить близько 121,8 м³/год.

Розподіл розрахункових величин водоприпливів по контуру кар'єру характеризується їх відотною концентрацією в межах ділянок 30-42 (831,29 м³/доб), 50-58 (436,87 м³/доб) і 62-74 (587,28 м³/доб) маркшейдерських осей (м.о.), положення яких співпадає з положенням ділянок відносного пониження рельєфу покрівлі київських глин (рис. 5, табл. 1). Величини розрахункових водоприпливів в межах виділених ділянок досягають величин 13,2 м³/год (м.о. 38-42) і 9,5-10,4 м³/год (м.о. 50-54, 66-70).

Таблиця 1

Розподіл розрахункових водоприпливів до східного борту кар'єру і його північно-східної ділянки в 26...90 маркшейдерських осях

Номер ділянки	Маркшейдерські осі (м.о.)	Кар'єрний водоприплив, м ³ /доб			
		Усього	Породний відвал	Алювіальні відклади	Бучацькі відклади
1	26-30	25,249	-	25,100	0,100
2	30-34	303,020	-	300,070	0,160
3	34-38	211,470	-	215,240	0,111
4	38-42	316,800	-	313,290	0,116
5	42-46	143,580	-	148,300	0,145
6	46-50	152,770	-	151,920	0,133
7	50-54	228,090	-	225,470	0,069
8	54-58	208,780	0,240	208,300	0,150
9	58-62	112,560	2,260	113,060	0,150
10	62-66	178,400	3,590	169,910	0,105
11	66-70	249,090	5,750	242,580	0,202
12	70-74	159,790	7,630	149,180	0,117
13	74-78	53,217	8,115	47,245	0,127
14	78-82	4,678	0,690	3,940	0,170
15	82-86	6,730	-	4,590	0,170
16	86-90	20,694	-	9,260	0,130
Разом		2374,918	28,275	2327,455	2,155

Значні водоприпливи на ділянці 30-42 м.о. пов'язані з близьким розташуванням південної ділянки східного борту кар'єру до існуючого русла річки Інгулець. У відповідності до результатів моделювання сумарна величина водоприпливів на цій ділянці складає 34,6 м³/год, що погоджується з даними спостережень за фактичними водоприпливами – візуально оцінена величина водоприпливів в цих же осях знаходиться в межах 33,0-56,0 м³/год.

Для цієї ж ділянки характерна встановлена за результатами епігнозного моделювання наявність локальної зони низхідного розвантаження алювіального горизонту в тріщинувату зону підстилаючих корінних порід. Про це свідчать

деформації рівневої поверхні алювіального горизонту, які приурочені до ділянок понижень покрівлі київських глин.

Порівняно невисокі розрахункові величини водопривливів в межах 58-90 маркшейдерських осей – 785,16 м³/доб (32,71 м³/год) пояснюються відносним віддаленням північної ділянки східного контуру кар'єру від русла річки Інгулець. Існуюча ситуація підтверджується даними фактичних спостережень – так, в межах маркшейдерських осей 50-70 водопривливів на кінець квітня 2015 року не перевищував 21,30 м³/год. Встановлений на цей період водопривливів зафіксований після ліквідації водопроявів на горизонті +12,0 (заміри 02.04.2015 р.) і зниження водопривливу на горизонті –30,0 (маркшейдерські осі 65-70) з 68,18 до 15,36 м³/год згідно замірам відповідно 25.03.2015 р. та 02.04.2015 р.

Порівняльна оцінка розрахункових водопривливів до північно-східної ділянки борту діючого кар'єру на різні періоди відпрацювання залізородного родовища свідчить про пряму залежність їх величин від гіпсометричного положення подошви шару різнозернистих гравелистих пісків в межах контуру їх розкриття східним бортом кар'єру.

Наведене підтверджується результатами гідродинамічного моделювання згідно яким концентрація водопривливів в м.о. 50-58 і 62-74 співпадає з положенням понижених відповідно до 10,4-12,0 м і 5,5-10,4 м абсолютних відміток подошви гравелистих пісків, що залягають на київських глинах в межах північно-східної ділянки борту кар'єру.

Виконаний аналіз розподілу водопривливів в межах східного борту кар'єру, а також його північно-східної ділянки, вказує на залежність їх величин від гіпсометрії подошви гравелистих пісків, які залягають на еродованій поверхні київських глин, наявності та розповсюдження розділяючого водотривкого шару алювіальних глин в покрівлі гравелистих пісків, гідравлічної проникності останніх на різних ділянках заплави річки Інгулець та рівня інфільтраційного живлення алювіального горизонту як в межах заплави, так і на ділянці розташування відвалу № 3.

За даними моделювання встановлено, що наявність в основі порідного відвалу № 3 товщі ґрунтів з пониженою гідравлічною проникністю за умови підвищеного інфільтраційного живлення сприяє формуванню в нижньому інтервалі складованих порід водонасиченої зони із загальним ухилом поверхні в південно-західному і південно-східному напрямках і абсолютними відмітками 24,1-31,4 м.

При величині інфільтраційного живлення в межах порідного відвалу на рівні 50 мм/рік величини водопривливів із техногенного горизонту на контурі кар'єру в межах м.о. 54-82 досягають 28,27 м³/доб (1,2 м³/год).

Висновки. За результатами виконаних досліджень розроблена геофільтраційна модель східного борту кар'єру ПРАТ "ІНГЗК" та його північно-східної ділянки, яка у відповідності до загальної гідродинамічної схеми відображує головні закономірності у живленні та розвантаженні розвинутого в межах дослі-

джуваної території алювіального водоносного горизонту. Основними із врахованих закономірностей є забезпечене живлення алювіального горизонту в зоні дренуючого впливу східного борту кар'єру фільтраційними водами річки Інгулець та додаткове інфільтраційне живлення в межах розташованого в її заплаві порідного відвалу № 3.

Встановлені за результатами моделювання величини водопривливів та характер їх розподілу погоджуються з фактичними величинами водопривливів та їх розподілом як у межах всього східного борту кар'єру, так і у межах його північно-східної ділянки. При загальному обсязі водопривливів до східного борту кар'єру на рівні 2374,9 м³/доб або 98,9 м³/год їх максимум складає 316,8 м³/доб (13,2 м³/год) в інтервалі 38-42 м.о. з поступовим зниженням в північному напрямку до 159,8-249,1 м³/доб (6,7-10,4 м³/год), що визначається відносною віддаленістю східного борту кар'єру як контуру дренування алювіального водоносного горизонту від русла річки Інгулець.

Характерною особливістю у розподілі величин водопривливів в межах східного борту кар'єру є їх залежність від характеру залягання товщі різнозернистих гравелистих пісків на еродованій поверхні київських глин. Закономірне зростання розрахункових водопривливів в межах східного борту кар'єру припадає на ділянки понижених (до 5,5-12,0 м) відміток підошви гравелистих пісків. Для існуючого положення північно-східного борту кар'єру виділяються дві такі ділянки – в м.о. 50-58 та 62-70, де величини водопривливів за даними моделювання досягають 249,09 м³/доб (10,38 м³/год).

За результатами моделювання встановлено, що гідродинамічний вплив порідного відвалу № 3 в межах північно-східного борту кар'єру визначається рівнем інфільтраційного живлення ділянки розташування відвалу і можливою наявністю шару слабопроникних ущільнених порід в його підошві, що сприяє формуванню в нижньому інтервалі складованих у відвал порід водонасиченої зони із загальним ухилом поверхні в південно-західному і південно-східному напрямках.

Перелік посилань

1. Багрій, І.Д., Блінов, П.В., Белокопитова, Н.А. (2002). *Геоecологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі*. Київ: Фенікс.
2. Гриневский, С.О., Новоселова, М.В. (2010). Закономерности формирования инфильтрационного питания подземных вод. *Водные ресурсы.*, 1-12.
3. Білокопитова, Н.А., Рубан, С.А., Подвігіна, О.О., Буцька, Ю.М. (2010). *Інфільтраційне живлення ґрунтових вод Причорноморського артезіанського басейну*. Дніпропетровськ: ДВ УкрДГРІ.
4. Рудаков, Д.В., Тимошук, В.И., Перкова, Т.И., Шерстюк, Е.А. (2011). Идентификация трехмерной геофильтрационной модели техногенно нагруженной территории центральной части Криворожского бассейна. *Науковий вісник Національного гірничого університету.*, 21-25.
5. Тимошук, В.И., Шерстюк, Е.А. (2012). Закономерности геофильтрации в зоне гравитационно нагруженных участков хвостохранилищ и отвалов горных пород. *Науковий вісник Національного гірничого університету.*, 30-36.

6. Тимошук, В.И., Тишков, В.В., Шерстюк, Е.А. (2013). Гидродинамическое обоснование водорегулирующих мероприятий на участке шламонакопителя в балке Ясиновя Днепропетровской области. *Науковий вісник Національного гірничого університету.*, 5-10.
7. Kinzelbach, W. (1986). *Groundwater modeling*. Amsterdam: Elsevier.
8. McDonald, M.G. and Harbaugh, A.W. (1984). A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: *U.S. Geological Survey Open-File Report*, 83-875.

АННОТАЦИЯ

Цель. Установить закономерности формирования и особенности распределения карьерных водопритоков в пределах восточного борта карьера ЧАО "ИНГОК" и его северо-восточного участка для обоснования эффективных технических решений по их гидрозащите.

Методика исследования. Заключается в исследовании условий формирования карьерных водопритоков на основе анализа фактических данных о геолого-гидрогеологическом строении железорудного месторождения, интенсивности и характере водопроявлений в пределах восточного борта карьера и их зависимости от климатических и гидрологических факторов. Исследование закономерностей формирования и особенностей распределения карьерных водопритоков выполнено по результатам численного моделирования геофильтрационных процессов, которые определяются сложным гидродинамическим и геомеханическим взаимодействием природных и технических элементов в системе "железорудный карьер – породный отвал № 3 – аллювиальные отложения в пойме реки Ингулец" в условиях нарушенной горными работами геологической среды.

Результаты исследования. Разработана планово-пространственная геофильтрационная модель исследуемой территории, учитывающая особенности геологического строения, характер залегания водовмещающих и водоупорных пород, их гидродинамические характеристики, наличие гидравлического взаимодействия между подземными и поверхностными водами, характер питания и разгрузки водоносных горизонтов как по площади, так и на их контурах. По результатам решения эпигнозных задач достигнута адекватность отражения геофильтрационной моделью геолого-гидрогеологических и геотехнических условий исследуемой территории, в которых происходит формирование техногенно нарушенного гидродинамического режима аллювиального водоносного горизонта, и определены расчетные величины карьерных водопритоков в пределах восточного борта карьера и его северо-восточного участка.

Научная новизна. По результатам геофильтрационного моделирования установлена зависимость величин карьерных водопритоков и особенностей их распределения в пределах восточного борта карьера и его северо-восточного участка от характера залегания водопроницаемых аллювиальных отложений на эродированных поверхности водоупорных глин и наличия в основании породного отвала в прибортовой части карьера техногенного водоносного горизонта.

Практическое значение. Результаты исследований составляют основу для обоснования технических решений по гидрозащите северо-восточного борта карьера ЧАО "ИНГОК" в условиях дальнейшего развития горных работ и определения гидродинамических параметров водозащитных сооружений.

Ключевые слова: железорудный карьер, подземные воды, гидродинамический режим, математическое моделирование, геофильтрационные процессы, карьерный водоприток

ABSTRACT

The purpose of the paper is defining the patterns of forming and distribution particularities of water influx within both the eastern side of PJSC "INGZK" open-pit mine and its north-eastern section to justify effective technical solutions of dewatering.

The method is to examine the conditions of forming the water influx into the open-pit mine on the basis of an actual data analysis of the geological and hydrogeological structure of the iron ore deposit, the intensity and character of water inflow within the eastern side of the open-pit mine, and its dependence on climatic and hydrological factors. To carry out the study of the patterns of forming and distribution particularities of water influx we have applied the results of numerical simulation of groundwater flow affected by the complex hydrodynamic and geomechanical interaction of natural and technical elements in the system "iron ore open-pit mine – rock dump No. 3 – alluvial strata within the Inhulets river floodplain".

Results of the research. The spatial groundwater flow model of the studied area has been developed. It takes into account the geological structure particularities, bedding features of water-bearing strata and aquitards, their hydraulic characteristics, the presence of a hydraulic connection between groundwater and surface water, the nature of recharge and discharge of aquifers both in terms of area and on their contours. By the results of inverse problem solutions, the groundwater flow model adequately reflects the geological, hydrogeological, and geotechnical conditions of the studied territory where the technogenically disturbed hydrodynamic regime of the alluvial aquifer has been forming; and the estimated rates of water influx into the open-pit mine within its eastern side and its north-eastern section are determined.

Scientific novelty. According to the results of groundwater flow numerical simulation, it has been found that the rates of water influx into the open-pit mine and their distribution within the eastern side of the open-pit mine and its northeastern section depend on the bedding characteristics of water-bearing alluvial strata on the eroded surface of clays, and the existence of an artificial aquifer under the rock dump near the side of open-pit mine.

Practical importance. The results of this research would form the basis for a substantiation of the technical solutions for dewatering the northeastern side of the open-pit mine of PJSC "INGZK" in the conditions of further development of mining operations and determining the hydraulic parameters of dewatering facilities.

Keywords: *iron ore open-pit mine, groundwater, hydrodynamic regime, numerical simulation, groundwater flow processes, water influx into open-pit mine*