

Выводы. Анализ исследований инженерно-геологических явлений на карьерах позволяет сделать следующие выводы:

- 95 % всех деформаций составляют оползни, переходящие в оплывины;
- время существования уступов в устойчивом состоянии в зависимости от инженерно- и гидрогеологических условий и их параметров различно;
- деформациям подвержены отдельные уступы или несколько уступов, но не борт, сложенный песчано-глинистыми отложениями в целом;
- существует взаимосвязь между физико-механическими свойствами пород, геометрическими параметрами уступа и временем его существования в устойчивом состоянии [2].

Список литературы

1. Астафьев Ю. П. Управление состоянием массива горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / Астафьев Ю. П., Попов Р. В., Николашин Ю. М. – Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 272 с.
2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ / А.М. Гальперин; Учебник для вузов. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. – 473 с.
3. Голуб В. В. Обоснование метода расчета устойчивости бортов карьеров, формируемых в массиве горных пород сложной структуры: Дис... канд. техн. наук: 05.15.09 / НАН Украины; Институт проблем природопользования и экологии. – Д., 2004. – 230 с. – Библиогр.: с. 212–227.
4. Нуриева М.Б., Касымканова Х.М. Устойчивость бортов рудных карьеров и отвалов. Алматы: КазНТУ, 2006, 131 с.
5. <http://mirfactov.com/v-ssha-na-mednom-karere-proizoshel-gigantskiy-opolzen/>– Сайт интересных фактов.

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ОСВОЄННЯ МОТРОНІВСЬКО-АННІВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ МАЛИШЕВСЬКОГО РОДОВИЩА

*А.М. Гайдін, ТОВ «Інститут ГІРХІМПРОМ», Україна
Б.Ю. Собко, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
О.М. Лазніков, Вільногірський ГЗК, м. Вільногірськ, Україна*

Розглянуті природні умови Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського титан-цирконієвого родовища, які відрізняються від освоєних тим, що рудний поклад залягає нижче рівня підземних вод. Це викликає особливості змін довкілля під впливом експлуатації родовища. Даються рекомендації щодо зменшення негативного впливу гірничих робіт на довкілля.

Вступ. Дотепер Вільногірський гірничо-збагачувальним комбінатом (ВГЗК) розробляється частина Малишевського титан-цирконієвого родовища, розташована вище рівня ґрунтових вод. З початку 2014 року розпочаті розкривні роботи на Мотронівсько-Аннівській ділянці. Вона розташована в Пятихатському і Верхньодніпровському районах Дніпропетровської області на відстані 6-8 км від кар'єрів діючого ВГЗК. Проектом передбачена система і технологія гірничих робіт, аналогічна діючим кар'єрам.

Розкриття покладів ведуть крокуючими екскаваторами. Видобуту руду передбачено доставляти автотранспортом до вузла «розпульповки», де розмивати гідромонітором. Гідросуміш перекачують на збагачувальну фабрику, де спочатку з руди вилучають глинисті

частинки, потім гравітаційним способом одержують концентрат. Глинисті і піщані відходи збагачення перекачують в окремі хвостосховища.

Умови відпрацьовування обводнених покладів суттєво відрізняються від освоєних. Крім того, за останні роки суттєво зросли вимоги до захисту довкілля від негативного впливу гірничих робіт. Тому виникло завдання ретельної оцінки впливу гірничих робіт на довкілля та розробки заходів із зменшення негативних наслідків діяльності кар'єру.

Мета статті – обґрунтування технічних рішень, спрямованих на зменшення негативного впливу гірничих робіт на довкілля. Для досягнення вказаної мети розглянуті наступні питання: 1) зміни рельєфу й умов поверхневого та підземного стоку, 2) зміни геологічної будови гірського масиву й водно-механічних властивостей геологічних тіл, 3) способи осушення кар'єрних виїмок, розрахунок змін рівнів і напорів води в зоні депресії, 4) вплив техногенних водойм і хвостосховищ на утворення нових зон живлення підземних вод, 5) утворення ореолів забруднення води внаслідок вилуговування розчинних компонентів із відвалів і відходів збагачення.

Методи досліджень. Для вирішення проблем, пов'язаних із особливими гідрогеологічними умовами родовища, паралельно з розкривними роботами проведено польові й камеральні дослідження, у тому числі: 1) аналіз і нова інтерпретація раніше виконаних гідрогеологічних досліджень, 2) лабораторні досліди і спостереження в період розкриття рудного шару; 2) створення цифрової гідрогеологічної моделі й моделювання змін гідрогеологічної ситуації на різних етапах експлуатації ділянки; 3) аналіз проектних рішень з точки зору впливу діяльності рудника на довкілля прилеглої району.

Гідрогеологічні умови. На території родовища поширені (рис.1): 1) безнапірний водоносний горизонт у легких лесовидних суглинках четвертинного віку, і 2) безнапірний водоносний комплекс у неоген-палеогенових відкладах - пісках сарматського і полтавського віку та підстилаючих відкладах.

У першому від поверхні водоносному горизонті рівень води залягає на глибинах від 2,5 до 12 м, поверхня дзеркала ґрунтових вод повторює рельєф. Потужність зони насичення від 0.4 до 10-11 м, найчастіше 2-5 м. Вода має мінералізацію від 1 до 3 г/л, її використовують для місцевого водопостачання. В результаті вирішення зворотної задачі шляхом моделювання встановлено, що коефіцієнт фільтрації суглинків в середньому дорівнює 0,07 м/добу. Живлення водоносного горизонту забезпечується атмосферними опадами в періоди, коли опади переважають над випаровуванням. За результатами моделювання річна норма інфільтрації становить 10 мм.

Підстилаючим водотривом служать загіпсовані важкі суглинки і глини четвертинного віку та верхнього сармату. У балках глини розмиті, що обумовлює стік ґрунтових вод до тальвегів балок, де вони живлять води в алювіально-делювіальних утвореннях, а через них з'єднуються з водоносним комплексом у пластах, що залягають нижче.

Водоносний комплекс у неоген-палеогенових відкладах складається з нижньої частини шару пісків сарматського ярусу, пісків полтавської серії й, можливо, з піщано-глинистих відкладів харківського ярусу. Рівень води знаходиться на відмітках 100-110 м, тобто на 1-11 м вище покрівлі рудного шару. Обводнена тільки нижня частина пісків сарматського ярусу. В місці розташування першочергового котловану потужність обводненої зони становить 6,5 м.

На більшій частині площі майбутнього кар'єру інфільтраційне живлення неогенового водоносного комплексу відсутнє, оскільки він перекритий глиняною товщею. Це вказує на мізерність динамічних запасів підземних вод. Потік підземних вод спрямований на північний схід. Тільки у східній частині площі майбутнього кар'єру в днищах балок глини розмиті. Тут здійснюється живлення неогенового водоносного комплексу шляхом перетікання із четвертинного водоносного горизонту, а також шляхом безпосередньої інфільтрації атмосферних опадів і інфлюації поверхневого стоку. Важливу роль у живленні палеогенового водоносного комплексу відіграють розташовані у верхів'ях балок стави. Розвантаження підземних вод здійснюється у вигляді підземних потоків, які вниз за течією виходять на поверхню, утворюючи витік річки.

Хімічний склад води неогенового водоносного комплексу різний – від прісної гідрокарбонатно-кальцієвої до гідрокарбонатно-сульфатної натрієво-кальцієвої.

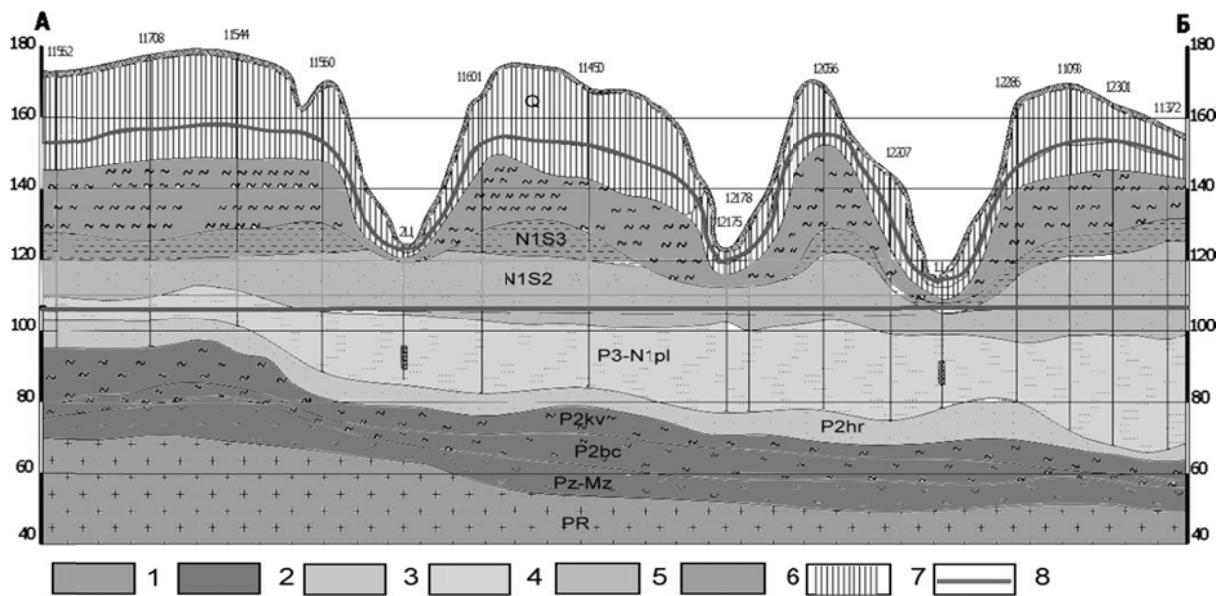


Рис. 1. Схематичний геологічний розріз Мотронівсько-Аннівської ділянки. За матеріалами «Центрукргеології». 1-породи кристалічного фундаменту, 2-відносно водотривкі породи кори вивітрювання, бучацького і київського ярусів, 3-піски харківського ярусу, 4-піски полтавської серії, 5-піски сарматського ярусу, 6-водотривкі глини, 7-суглинки лесо-видні і родючий шар, 8-рівень підземних вод.

Мінералізація досягає 1270 мг/л, вміст сульфат-іону 339 мг/л. Підвищений вміст сульфат-іонів свідчить про процес випарної концентрації солей у воді. У котловані першочергового кар'єру вміст солей становить 800 мг/л.

Для визначення фільтраційних властивостей пісків полтавського й сарматського ярусів підприємством «Центрукргеологія» проведено дві кушові відкачки. Розрахована водопровідність становить 70 м/добу. Аналіз гранулометричного складу сарматських і полтавських пісків показав, що вказаний параметр характеризує обводнену частину піску сарматського горизонту, коефіцієнт фільтрації якого становить 12,7 м/добу. Це підтверджено лабораторними вимірами коефіцієнту фільтрації відомим способом Г.Н.Каменського, що оснований на використанні нестационарного режиму фільтрації.

Обчислення з застосуванням цифрової моделі дозволили встановити наступні коефіцієнти фільтрації: сарматський водоносний горизонт по всій площі 1,4 м/добу, а там, де розмиті водотривкі відклади - 12,7 м/добу. Коефіцієнт водовіддачі пісків сарматського ярусу становить 0,07-0,1. Відкладення полтавської серії представлені тонкозернистим піском, алевритом і вміщують до 15% глини. Вони характеризуються коефіцієнтом фільтрації 0,0034 м/добу. Водовіддача полтавських відкладень наближається до нуля, в них відсутня гравітаційна вода.

Відклади харківського ярусу в районі майбутнього кар'єру представлені глауконітовими пісками з великим вмістом глини. За даними звіту «Центрукргеології» вони мають тверду консистенцію і ймовірно є водотривкими.

Проектні схеми осушення кар'єру. У попередніх проектних опрацюваннях розглянуті різні системи осушення кар'єру з використанням водопонижуючих свердловин. Однак застосування свердловин в умовах низької проникності руди неможливе. У затвердженому проекті рекомендований відкритий спосіб водовідведення, що включає водозбірні канали, зумпфи, насосні станції й відстійник. За результатами промислових спостережень приплив води в кар'єр із сарматських відкладень оцінюється максимально до 150 м³/годину. За результатами моделювання величина водопритоку в кар'єр залежить від наявності

тимчасових водойм, які служать джерелами живлення. Вказані водойми споруджується у балках вище кар'єрних виїмок для попередження затоплення ливневими водами.

Методом моделювання визначені прогностні притоки води в кар'єр на перші 4 етапи розробки родовища при наповнених і випорожнених тимчасових водоймах. Отримані наступні результати (табл.1). Виміри притоку в початкову виїмку кар'єру підтвердили правильність одержаних результатів.

Таблиця 1

Прогноз припливу підземних вод у кар'єр

Етап гірничих робіт	Притік підземних вод, м ³ /добу	
	При заповнених водоймах	При спорожнених водоймах
1	360	124
2	620	350
3	2492	238
4	2751	142

Важливим питанням є прогнозування розвитку депресії рівнів підземних вод внаслідок осушення кар'єру. Встановлено, що заповнення водою тимчасових водойм у балках призводить до обмеження розповсюдження депресії рівнів води у неоген-палеогеновому водоносному комплексі. Депресія рівнів у четвертинному водоносному горизонті також дуже мала, оскільки суглинки характеризуються низькою проникливістю.

Впливи відкритої розробки родовища на довкілля. Експлуатація родовища викликає наступні зміни гідрогеологічних умов території гірничого відводу і прилягаючого району: 1) зміни умов поверхневого й підземного стоку через трансформацію рельєфу, 2) зміни фільтраційних властивостей геологічних тіл і гідрогеологічної будови гірського масиву, 3) зниження рівнів і напорів води в зоні депресії при осушенні кар'єрних виїмок, 4) утворення нових зон живлення підземних в зонах техногенних водойм і хвостосховищ, 5) підвищення мінералізації підземних вод у результаті вилуговування розчинних компонентів з бортів кар'єру і відвалів, 6) засолення ґрунтових вод внаслідок низької проникності відвальних порід і утворення безстічних западин.

Зміни рельєфу полягають у тому, що замість розчленованої балками рівнини формуються зовнішні й внутрішні відвали із плоскою горизонтальною поверхнею. Внаслідок видобутку руди поверхня понизиться приблизно на 10 м. Через неоднорідність будови відвалів їхня спочатку сформована плоска поверхня буде осідати нерівномірно. У результаті утворюються безстічні западини, у яких після сніготанення й злив буде накопичуватися вода. Це призведе до підтоплення посівів і засолення ґрунту. Зовнішні відвали розміщують у балках. Висота відвалу в тальвегу балки буде досягати 60 м. В результаті діяльності рудника ліквідуються ставки у верхів'ях балок, які використовуються місцевим населенням для водопою худоби й для відпочинку. Сформований техногенний рельєф буде неврівноваженим і зазнаватиме змін у результаті проявів геодинамічних процесів: ущільнення відвалів під власною вагою, схилових деформацій. На крутих схилах відвалів будуть розвиватися водна й вітрова ерозія (дефляція). Особливо інтенсивно вітрова ерозія проявляється на хвостосховищах. Частина поверхні хвостосховища вище рівня води стає джерелом пилових викидів.

Зміни геологічної будови (рис.2) полягають у тому, що на площі відробленої ділянки верхня половина пісків полтавської серії буде видобута і після вилучення важких металів заскладована у хвостосховищах. Замість рудного піску на поверхню безрудних полтавських пісків укладають більш грубозернистий пісок сарматського ярусу. Вище формується масив з суміші глини і суглинків.

Зміна умов поверхневого стоку. Для попередження підтоплення кар'єру дощовими та талими водами проектом передбачено організацію тимчасових акумулюючих ємкостей дощових вод з влаштуванням насосних установок водовідливу. Після відробки запасів на відповідному етапі тимчасові водоймища ліквідують, на наступному етапі будують нові

водосховища вище по течії. Коли фронт гірничих робіт підходить до контурів родовища, залишаються остаточні виїмки.

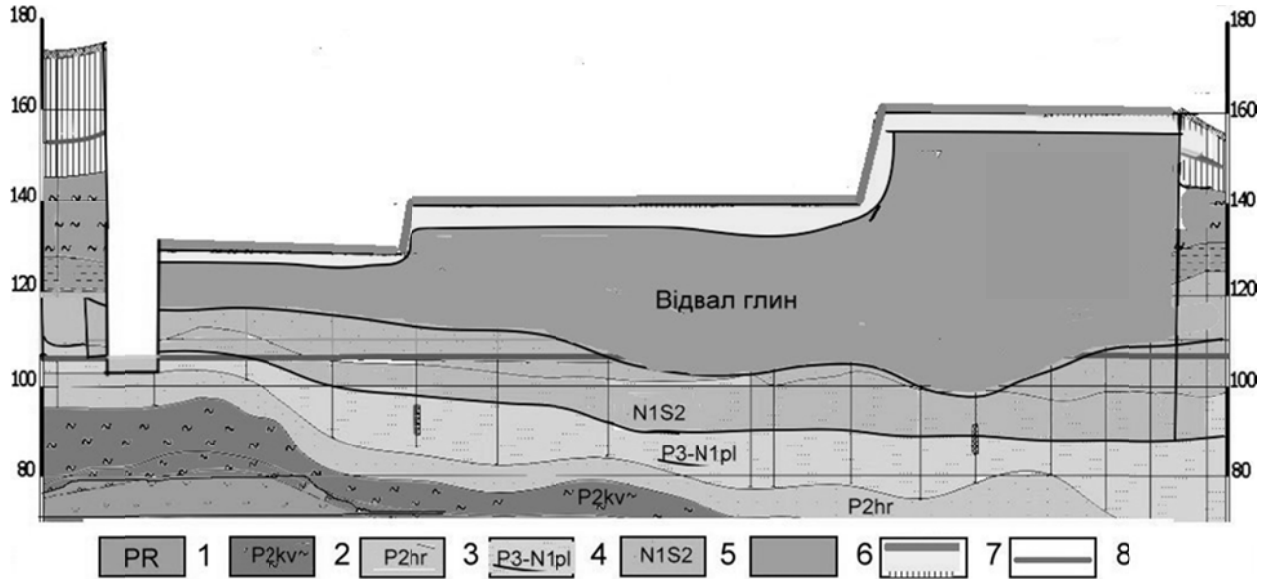


Рис. 2. Схематичний геологічний розріз Мотронівсько-Аннівської ділянки після відпрацювання кар'єру. Умовні позначки ті ж, що на рис.1.

Зміна умов живлення підземних вод. За умов дотримання проектних рішень про укладання в підніжжя відвалу сарматських пісків під внутрішніми відвалами буде формуватися техногенний водоносний горизонт, що складається з пісків сармату, покладених на нижню частину шару полтавських пісків. На площі відвалів, які переважно будуть складені водотривкими глинами та суглинками, живлення неогенового водоносного буде відсутнім. Тому необхідно створити умови живлення з озер у остаточних виїмках. В такому разі гідрогеологічні умови району можуть бути покращені.

Зміна гідрохімічних умов. На відвалах, де в глинистих відкладах є включення гіпсу, можуть мати місце процеси розчинення й вилуговування розчинних компонентів, зокрема гіпсу, розчинність якого становить близько 2 г/л. Це явище особливо інтенсивно буде проходити в початковий період, коли породи ще не злежалися, й гіпсові включення обмиваються інфільтраційними водами. У результаті утворюється вода з підвищеним вмістом сульфат-йону біля 1500 мг/л. Вміст останнього у питній воді повинен бути меншим 300 мг/л.

В цілому вплив експлуатації родовища на гідрогеологічні умови прилеглого району відносно незначний, тому що низькі фільтраційні властивості водовміщуючих порід, поряд зі створенням тимчасових і постійних водойм, обумовлюють малий радіус депресії навколо системи осушення. З екологічної точки зору перераховані зміни носять негативний характер, однак їх вплив відносно не великий і не досягає рівня надзвичайних ситуацій.

На основі проведених досліджень даються рекомендації щодо зменшення негативного впливу експлуатації родовища на гідрогеологічні умови прилеглого району.

Рекомендовані наступні заходи (табл.2).

Таблиця 2

Зміни гідрогеологічних умов і заходи з мінімізації негативного впливу на довкілля

Зміни гідрогеологічних умов	Заходи з мінімізації негативного впливу
Зміни умов поверхневого й підземного стоку через трансформацію рельєфу	Оптимізація техногенного рельєфу: створення умов для поверхневого стоку
Зміни фільтраційних властивостей геологічних тіл і гідрогеологічної будови гірського масиву	Формування техногенного водоносного горизонту із сарматських пісків в основі внутрішніх відвалів

Зниження рівнів і напорів води в зоні депресії при осушенні кар'єрних виїмок	Будівництво тимчасових водойм і створення озер у залишкових виїмках. Перехід до підводного способу виймання руди.
Підвищення мінералізації підземних вод у результаті розчинення й вилуговування розчинних компонентів з відвалів,	Укладання засолених порід сармату під суглинки. Організація техногенних джерел живлення підземних вод
Засолення ґрунтових вод внаслідок низької проникності відвальних порід і утворення безстічних западин	Проведення рекультивації паралельно з гірничими роботами. Створення дренажного шару в основі чорнозему при рекультивації

Оптимізація техногенного рельєфу. Наслідком експлуатації родовища є утворення техногенного ландшафту, який представлений кар'єром, зовнішніми і внутрішніми відвалами, хвостосховищами, технічними водоймами. Гірничі роботи будуть тривати десятиліття, тому не можна допустити, щоб у весь цей період відпрацьовані площі були спотвореними. Паралельно з проведенням видобувних робіт, з мінімальним відставанням, повинна проводитися робота з формування пост техногенного ландшафту. Основна ідея оптимізації полягає в тому, що посттехногенний ландшафт має бути не гіршим того, що був до початку гірничих робіт. Нахил земної поверхні повинен забезпечувати поверхневий стік, але при тому не створювати можливості ерозії – утворення ярів. Спеціалісти рекомендують при рекультивації відвалів під орні землі (ріллю) задавати похил поверхні до 2^0 , під пасовища $2-4^0$, під виноградники 5 градусів.

Бажано передбачити заходи з захисту території від вітру та затримки снігу. Це може бути досягнуто створенням насипів висотою $3-5$ м, орієнтовних впоперек пануючим влітку суховіям. На цих валах висаджуються лісосмуги. Схили відвалів рекомендується терасувати, при цьому горизонтальні площадки планувати зі зворотним похилом до 2^0 , щоб затримувати вологу. Бажано відразу формувати відвали на всю висоту, щоб здійснювати послідовну рекультивацію їх поверхні.

Формування техногенного водоносного горизонту із сарматських пісків в основі внутрішніх відвалів може бути здійснено при умові роздільного виймання пісків сарматського ярусу і складування їх в основі внутрішніх відвалів. Після відновлення гідрогеологічного режиму в перевідкладених сарматських пісках створиться водоносний горизонт потужністю біля 15 м з коефіцієнтом фільтрації приблизно 10 м/добу.

Будівництво тимчасових водойм і створення озер у залишкових виїмках. Тимчасові водойми створюються з метою попередження затоплення кар'єру ливневими водами. Кожен з них буде існувати протягом біля 10 років. В проекті передбачена повна перекачка води з них в акумулюючий басейн. Однак слід розглянути можливість підтримки в тимчасових водоймах деякого рівня води, щоб забезпечити можливість використання водойм місцевим населенням.

При наближенні кар'єру до границь родовища формування бортів кар'єру і внутрішніх відвалів слід проводити так, щоб забезпечити довготривалу стійкість берегів озера, яке створиться у залишковій виїмці. Наявність тимчасових водойм і озер у залишкових виїмках обмежує депресію рівнів підземних вод при осушенні кар'єру. У випадку переходу до підводного способу виймання руди рівень води в кар'єрі буде підтримуватися біля покрівлі рудного тіла, це всього на 5 м нижче природного рівня підземних вод. Це також зменшить радіус депресії підземних вод.

Укладання засолених порід сармату під суглинки. Гіпсоносні глини сармату повинні бути ізольовані від атмосферних опадів. Це досягається при селективній розробці легких четвертинних суглинків і засолених глин сармату і укладанні їх у відвали в тому ж порядку, як вони залягають у природі.

Проведення рекультивациі паралельно з гірничими роботами. Експлуатація родовища буде здійснюватися протягом щонайменше 60 років. У цих умовах необхідно прагнути того, щоб негативний вплив гірничозбагачувального комбінату на екологію району був мінімальним в усі періоди, починаючи від підготовчих робіт і закінчуючи постмаїнінгом. Необхідно паралельно з видобутком корисних копалин формувати техногенний ландшафт, який за своїми властивостями повинен бути не гіршим від природного. Ревіталізацію порушених гірничими роботами земель необхідно проводити паралельно з гірничими роботами.

В першу чергу необхідно провести роботи з ревіталізації зовнішнього відвалу. Поверхня відвалу вирівнюється з нахилом до середини під кутом 3° . На краях відвалу формуються насипи висотою 3-5 м, які разом з насадженнями затримують вітри і сніги. На поверхні відвалу наминаються піщані хвости збагачення, які служать дренажним шаром. На їх поверхню укладаються лесовидні суглинки і чорнозем. Схили відвалів терасують, при цьому горизонтальні площадки планують зі зворотним похилом до 2° , щоб затримувати вологу.

Враховуючі складність гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов відпрацювання обводнених покладів родовища титано-цирконієвої руди, необхідно здійснювати постійний моніторинг, уточнювати прогнози і проводити запобіжні заходи паралельно з фактичним розвитком гірничих робіт.

Прийнятий у проекті відкритий спосіб осушення потребує перегляду, оскільки пливунні властивості пісків обумовлюють труднощі будівництва водовідвідних каналів і зумпфів на дні кар'єру, виключають можливість проїзду технологічного транспорту.

Радикальне зменшення впливу експлуатації родовища на гідрогеологічні умови й поліпшення технологічних показників видобутку досягається при використанні підводного способу видобутку за допомогою земснарядів, що вперше запропоновано групою авторів [1]. При тому обладнання для перших стадій збагачення раціонально розташувати на понтонах, що пересуваються вслід за земснарядом. Відмиті від глини після збагачування піски розміщуються у виробленому просторі.

В статтях [2,3] дається детальне обґрунтування вказаного способу, який має наступні переваги.

1. Відпадає необхідність осушення кар'єру шляхом спорудження водопонижуючих свердловин. Відповідно до розробленого банківського ТЕО, витрати на осушення свердловинами становлять 10,5 млн. євро.

2. Виключається необхідність екскавації рудного піску, будівництва внутрішньокар'єрної дороги, перевезення руди до вузла «розпульповки». Замість екскаваторів і самоскидів застосовуються земснаряди, вартість яких на порядок менша.

3. Зменшуються витрати електроенергії на перекачування рудної пульпи від ділянки розпульповки до збагачувальної фабрики. За попередніми підрахунками, при звичайній схемі ці витрати досягають 130 тисяч кВт-годин у добу. При розміщенні збагачувальної фабрики на понтонах витрати менше в 10 разів.

4. Зменшується площа земель, що вилучається під хвостосховище, тому що піщані хвости складають у виробленому просторі, а у хвостосховище - тільки глиниста фракція. Замість 450 га потрібно не більше 70 га.

Список літератури

1. Лазников А. М., Собко Б. Е. Краснопер В. П. К вопросу выбора рациональных землесберегающих технологических схем разработки россыпных титано-циркониевых руд. //Сб. научн. трудов НГУ, 2010, №35

2. Лазников А.М., Собко Б.Е. Гайдин А.М. Рациональная технология разработки обводнённых россыпей. Сб. научных трудов Академии горных наук Украины. – Кривой Рог: «Дионис» -2012, с.130-137

3. Гайдин А.М. Технология разработки обводненных россыпных месторождений титана. /Рудник будущего, 2013. №1, с.48-53