

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОСВОЄННЯ ТИТАН-ЦИРКОНІЄВИХ РОДОВИЩ УКРАЇНИ****О. В. Ложніков**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

просп. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна. E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

Виконано аналіз сучасних проблем розробки титан-цирконієвих родовищ України. Встановлено основні завдання, вирішення яких дозволить підвищити ефективність розробки родовищ даного типу. Наведено результати досліджень з визначення можливості видобування супутньої сировини при розробці існуючих і нових родовищ. Розглянуто основні технологічні рішення, що дозволяють знизити обсяги відходів гірничого виробництва. Виконано аналіз можливих напрямків зменшення площі зовнішнього й внутрішнього хвостохранилищ при розробці кар'єрів. Обґрунтовано необхідність підвищення ефективності використання земель внутрішнього відвалу з урахуванням сучасних тенденцій до освоєння земель, порушених відритими гірничими роботами. Розроблено блок-схему, в якій систематизовано сучасні проблеми видобутку титан-цирконієвих руд пов'язані з технологією видобутку корисної копалини. Наведено основні напрямки підвищення ефективності технологічних схем експлуатації існуючих і нових кар'єрів при відпрацюванні титан-цирконієвих родовищ.

**Ключові слова:** кар'єр, відкрита розробка, комплексне освоєння, титан-цирконієві родовища, технологічна схема, хвостосховище.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ТИТАНО-ЦИРКОНИЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ****А. В. Ложников**

Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»

просп. Д. Яворницкого, г. Днепр, 49005, Украина. E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

Выполнен анализ современных проблем разработки титано-циркониевых месторождений Украины. Установлены основные задачи, решение которых позволит повысить эффективность разработки месторождений данного типа. Приведены результаты исследований по определению возможности извлечения попутного сырья при разработке существующих и новых месторождений. Рассмотрены основные технологические решения, позволяющие снизить объемы отходов горного производства. Выполнен анализ возможных направлений уменьшения площади внешнего и внутреннего хвостохранилищ при разработке карьеров. Обоснована необходимость повышения эффективности использования земель внутреннего отвала с учетом современных тенденций к освоению земель, нарушенных отработками горными работами. Разработана блок-схема, в которой систематизированы современные проблемы добычи титано-циркониевых руд, связанные с технологией добычи полезного ископаемого. Приведены основные направления повышения эффективности технологических схем эксплуатации существующих и новых карьеров при отработке титано-циркониевых месторождений.

**Ключевые слова:** карьер, открытая разработка, комплексное освоение, титано-циркониевые месторождения, технологическая схема, хвостохранилище.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Україна має значні запаси титан-цирконієвих руд. На сьогодні налічується більше 40 родовищ й 280 перспективних рудопроєктів. Основні родовища титан-цирконієвих руд розташовані в Дніпропетровській і Житомирській областях [1].

Слід зазначити, що донедавна основні проблеми гірничодобувних підприємств даної групи були пов'язані з технологічними схемами відкритої розробки руд, метою рішення яких було підвищення економічної ефективності роботи підприємства.

Сучасні обставини ускладнюють розробку титан-цирконієвих родовищ. До них, у першу чергу, можна віднести ускладнення гідрогеологічних умов розробки нових родовищ, а також зміни в законодавчій базі, які обтяжують процес одержання земель для ведення господарської діяльності при зміні їх цільового призначення.

Виконаний аналіз сучасного стану розробки родовищ дозволив сформулювати чотири важливі завдання, від рішення яких залежить ефективність видобутку титан-цирконієвих руд:

- підвищення рівня видобутку супутньої сировини при розробці основної корисної копалини;
- зменшення відходів виробництва, складованих у хвостосховищах;

- використання поверхонь внутрішніх відвалів для розміщення хвостів збагачення з метою скорочення площ, зайнятих зовнішніми хвостосховищами;

- створення ефективних технологічних схем розробки обводнених розсіпних родовищ.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Розробка титан-цирконієвих родовищ відкритим способом супроводжується порушенням великих територій землі, площа яких може досягати 1000 га, а іноді й перевищувати їх. У той же час із загального обсягу розроблювальної гірської маси близько 1 % є основною мінеральною сировиною [2]. Інша гірська маса являє собою потенційну супутню сировину і може використатися для виготовлення будівельних матеріалів, керамічних виробів або скляної продукції.

Розробка титан-цирконієвих родовищ припускає добування цінних мінералів з рудного шару, у якому вміщаючою породою є піщано-глиниста суміш. Після видобутку корисної копалини механічним способом і розмивом її в кар'єрі, вона у вигляді пульпи подається на збагачувальну фабрику. Після добування мінералів з руди, відходи збагачення відправляються у хвостосховище.

Необхідність формування хвостосховища обумовлена фізико-механічними властивостями піщано-глинистих порід. Для зниження площі хвостосховищ і створення техногенних родовищ необхідний поділ піску й глини в процесі збагачення корисної копалини. Глину необхідно згущувати у спеціальних згущувачах, де її обсяг знижується на 1/3, а її подальше складування здійснюється у техногенне родовище. Кварцові піски подаються у вигляді пульпи у хвостосховище після дешламації й гравітаційного очищення руди на збагачувальній фабриці.

У результаті поділу піщано-глинистої суміші на збагачувальній фабриці одночасно досягаються дві мети: підвищується рівень видобування супутніх корисних копалин при розробці кар'єру, а також скорочуються площі земель, на яких розташовані хвостосховища.

Крім видобування супутніх корисних копалин з рудного шару, при розробці титан-цирконієвих родовищ також актуальним є питання селективної розробки розкритих порід. Оскільки розсіпні родовища складаються з осадових порід, розкриті представлений пісками, суглинками й глинами. Їх застосування актуально для забезпечення регіонального ринку будівельних матеріалів.

Слід зазначити, що в раніше виконаних дослідженнях з комплексного освоєння родовищ корисних копалин [3], супутню сировину з розкритих порід пропонувалося розміщати в техногенних родовищах, які також могли перебувати в певних частинах внутрішніх і зовнішніх відвалів кар'єру. Формування техногенних родовищ здійснюється в тому випадку, коли під час розробки кар'єру відсутній споживач цієї сировини. Така відсутність призводить до необхідності виконання додаткових процесів з формування техногенного родовища, що впливає на собівартість видобутку основної корисної копалини. Тому в подібних випадках гірничодобувне підприємство відмовляється від видобутку супутньої сировини, що приводить до збільшення відходів виробництва.

Проблема, пов'язана з пошуком споживача полягає в обмеженому застосуванні супутньої сировини з кар'єрів. Наприклад, супутній видобуток глини доцільний, у тому випадку, коли на невеликій відстані від кар'єру є завод із виготовлення керамічних виробів. Спорудження таких заводів раніше вимагало значних інвестицій і наявності довгострокового споживача на вироблений товар. З цієї причини видобуток супутньої глинистої сировини на кар'єрах України виконувався лише в особливих випадках, коли в регіоні був високий попит на керамічні будівельні матеріали, а спорудження заводу було економічно обґрунтованим.

На сьогодні із розвитком технологій й устаткування для виробництва будівельних матеріалів, керамічну цеглу можна виробляти на відносно невеликих міні-заводах, обладнаних спеціальними гіперпресами [4]. Продуктивність одного гіперпреса досягає 400 – 500 цеглин у годину. Оскільки витрати на спорудження таких міні-заводів істотно нижче за класичні, збільшується ймовірність залучення інвестицій у виробництво будівельних матеріалів. За ра-

хунок цього зменшується вихід відходів виробництва при видобутку титан-цирконієвих руд.

Питання скорочення площ порушених земель набуло особливу актуальність після вступу в силу законів України «Про оцінку впливу на навколишнє середовище» (ОВД) [5], і «Про стратегічну екологічну оцінку» (СЕО) [6]. Дані закони України контролюють вплив гірничодобувних підприємств на навколишнє середовище. Вони суттєво ускладнюють видачу дозволів на використання землі гірничопромисловим підприємствам.

Закон (ОВД), догляд за виконанням якого здійснює Міністерство екології й природних ресурсів ставить за обов'язок одержання висновку про оцінку впливу гірничого підприємства на навколишнє середовище. Також, відповідно до нього, повинен здійснюватися після проектний моніторинг діяльності підприємства відносно виконання його умов (стаття 13).

Результати моніторингу повинні повідомлятися в «Мінприроди» або в уповноважений територіальний орган, що видав висновок. Всі види діяльності людини, які мають вплив на навколишнє середовище, розділені на дві категорії. Відповідно до Закону, діяльність гірничопромислового підприємства з розробки титан-цирконієвих руд відноситься до першої та другої категорій. До першої, оскільки розмір кар'єру становить більше 25 га, а до другої, тому що при роботі кар'єру під час осушення здійснюється забір підземних вод, що перевищує 300 м<sup>3</sup> на добу.

У листопаді 2018 року у дію вступив Закон (СЕО) відповідно до якого гірничопромислове підприємство повинно погоджувати плани свого розвитку відповідно до документів державного планування, а також із проходженням процедури суспільного обговорення. У звіті, що розробляється, міститься інформація щодо поточного стану навколишнього середовища й здоров'я людей, а також прогностичні показники на 5, 10, 15 і більше років. Моніторинг показників впливу на навколишнє середовище й здоров'я людей виробляється один раз на рік з розміщенням результатів на офіційному сайті. У випадку виявлення непередбачуваних звітом наслідків, вони підлягають усуненню замовником.

Виконання вищевказаних законів передбачає збільшення фінансових витрат й організаційних зусиль для одержання у використанні нових ділянок земель, на яких будуть розміщатися об'єкти гірничопромислової діяльності (капітальна траншея, відвал, хвостосховище). Тому будь-яка можливість скоротити площі порушення земель досить сприятливо позначиться на економічних показниках роботи гірничого підприємства. При цьому зменшення площі порушених земель при розробці титан-цирконієвих руд, може бути здійснено тільки шляхом скорочення території зайнятих зовнішнім відвалом і хвостосховищем. Інша площа, що буде порушена в результаті експлуатації кар'єру, залишиться незмінною. Тому основним напрямком зменшення площі порушених земель має бути скорочення об'ємів порід, які розміщуються у зовнішньому відвалі й хвостосховищі.

Зменшення площі зовнішнього хвостосховища досягається шляхом раціонального обігу з супутньою сировиною, яка знаходиться у вмещаючих породах рудного шару. Результатом поділу вмещаючих порід має стати істотне скорочення виходу відходів збагачення й одержання з них супутніх корисних копалин. При цьому поділ піщано-глинистої суміші дозволить зменшити площі земель, які необхідні для розміщення відвалів і хвостосховищ.

Значною проблемою сучасної розробки обводнених родовищ титан-цирконієвих руд також є неефективне використання поверхні внутрішнього відвала. Оскільки при сучасних технологічних схемах протягом усього строку експлуатації кар'єру, на поверхні внутрішнього відвалу здійснюється формування хвостосховища. При цьому піщано-глиниста суміш, що відокремлюється від руди на збагачувальній фабриці, складається у хвостосховище внутрішнього відвала з відставанням від фронту гірничих робіт. Це приводить до збільшення в часі строків рекультивациі, а також неможливості використання поверхні внутрішнього відвала в інших видах господарської діяльності.

Неефективне використання поверхні внутрішнього відвала також обумовлене тим, що донедавна вона навіть після рекультивациі не являла собою інтересу для сільськогосподарського використання, а її залучення в інших галузях економіки було економічно недоцільним.

Як показує світова практика, багато країн вже відмовилися від ідеї повернення земель у сільськогосподарське використання, у той же час стимулюється створення куточків "дикої" природи. Наприклад, у Німеччині буровугільні кар'єри, перетворені на озера, дозволили розвивати жвавий туристичний бізнес, а якість життя докорінно покращилася. Нові тренди використання порушених земель змушують переглянути відношення до них.

Також за останні роки широке поширення набуло спорудження електростанцій для одержання альтернативних джерел енергії. Як приклад розглянута сонячна електростанція, що проектується в районі м. Покров (Дніпропетровська обл.), на території, порушеної кар'єрами. Загальна площа, зайнята сонячними панелями, становить 25 га, при цьому потужність електростанції досягає 15 МВт (0,6 МВт / га.) [7].

Основною проблемою спорудження таких електростанцій є необхідність наявності великих площ землі. Оскільки практично всі ділянки великої площі, на яких відсутні будівлі та споруди, мають сільськогосподарське призначення. Через це в країні спостерігається дефіцит вільних територій для розвитку альтернативної електроенергетики. Даний дефіцит пояснюється складною процедурою переведення земель сільськогосподарського використання у промислове. При цьому в більшості випадків подібна передача практично неможлива. Отже, спорудження таких станцій можливе лише у певних місцях, які не перебувають у сільськогосподарському призначенні.

Це спричиняє попит на землі, порушені відкритими гірничими роботами, адже вони після рекуль-

тивації непривабливі для ведення сільськогосподарської діяльності. При розробці титан-цирконієвих родовищ, розміщення сонячних електростанцій доцільно виконувати на поверхні зовнішнього й внутрішнього відвалів. Другий варіант є більше привабливим, оскільки його площа на момент доробки кар'єру може досягати тисячі гектарів, на яких може бути розміщена сонячна електростанція потужністю до 600 МВт.

Однак при існуючій технології, поверхня внутрішніх відвалів обводнених титан-цирконієвих родовищ передбачається для розміщення хвостів збагачення. Отже, вона знаходиться у обводненому стані протягом багатьох років, поки хвостосховище не буде заповнено. Після цього формується нове хвостосховище з безпечним відставанням від фронту гірничих робіт. При цьому поверхня існуючого хвостосховища не має достатньої стійкості для розміщення на ній інженерних споруд.

Таким чином, при існуючій технології, поверхня внутрішнього відвала не може бути використана в економічній діяльності. У цьому зв'язку виникає актуальне завдання з вдосконалення технологічних схем видобутку титан-цирконієвих руд, що дозволить у подальшому підвищити рівень добування супутньої сировини при видобутку основної корисної копалини (рис. 1). На практиці це призведе до зменшення відходів збагачення, і, як наслідок, більш ефективному використанню площ внутрішніх відвалів.

Обґрунтування нових технологічних схем розробки титан-цирконієвих родовищ є актуальним завданням, як при експлуатації існуючих, так і спорудженні нових кар'єрів (рис. 1).

До основних недоліків технологічних схем розробки існуючих кар'єрів варто віднести низький рівень залучення супутніх копалин у виробничу діяльність підприємства, а також низьку ефективність застосування безтранспортної системи розробки, пов'язану з великими обсягами переєкスカвації розкривних порід.

Підвищення ефективності транспортних робіт можливо за рахунок поділу корисної копалини і вмещаючих порід. Наприклад, для умов розробки кар'єру Вільногірського ГМК це дозволить транспортувати на збагачувальну фабрику лише чорновий концентрат, а вмещаючі піщані й глинисті породи можуть складуватися у хвостосховищі або техногенному родовищі.

Другим напрямком підвищення ефективності технології розробки існуючих кар'єрів, є підвищення рівня залучення супутніх корисних копалин з розкривних порід в економічну діяльність підприємства. Наприклад, на сьогоднішній день при розробці кар'єрів Вільногірського ГМК щорічно залучалося до 20 тис. т. скляного піску й 9 млн т формувального піску, що становить лише 7 % від загального обсягу розкривних порід. При цьому глинисті породи, які можуть використовуватися при виготовленні грубої кераміки, валово відсипаються у внутрішні відвали, таким чином, втрачається виробничий потенціал і збільшуються обсяги утворення відходів.

Наступне завдання полягає в удосконаленні технологічних схем розробки титан-цирконієвих родовищ на кар'єрах Іршанської групи родовищ, де широко застосовується безтранспортна система розробки. Технологічні параметри даних схем передбачають проходку розрізної траншеї з розміщенням

розкритих порід на двох бортах. Це призводить до того, що при врізанні в нову заходку виникає необхідність переєкскарпації у вироблений простір кар'єру майже половини обсягу попередньої траншеї, що негативно позначається на економічних показниках роботи підприємства.



Рисунок 1 – Сучасні проблеми при видобутку титан-цирконієвих руд на кар'єрах України пов'язані з технологією видобутку

До основних проблем залучення в розробку нових родовищ титан-цирконієвих руд також варто віднести велику обводненість рудних шарів. Це суттєво ускладнює їх виїмку класичним способом, із застосуванням драглайнів і навантаженням в автотранспорт. При цьому питання комплексного освоєння обводнених родовищ також відіграють важливу роль.

Комплекс досліджень виконаних раніше [8, 9] підтвердив доцільність застосування гідромеханізованого способу розробки обводнених титан-цирконієвих родовищ. Зокрема ці дослідження відносилися до експлуатації кар'єру Мотронівського ГЗК, проблема розробки якого полягає у розташуванні водоносного горизонту в породах надрудного уступу.

Оскільки розробка видобувного уступу на обводненому родовищі здійснюється гідромеханізованим способом, весь обсяг корисної копалини переміщується гідротранспортом з вибою на збагачувальну фабрику, яка знаходиться на борту кар'єра. При цьому частка чорного концентрату в загальному

обсязі корисної копалини досягає 5 %. Тому важливим питанням є розробка технологічних рішень, які дозволять зменшити обсяг транспортних робіт шляхом відділення чорного концентрату й вмещаючих порід, безпосередньо в кар'єрі. Це дозволить істотно скоротити обсяг транспортної роботи підприємства, оскільки на збагачувальну фабрику будуть переміщатися лише важкі мінерали, а вмещаючі породи, можуть розміщатися у техногенному родовищі.

Проблема гідромеханізованого видобутку корисної копалини навіть у випадку його поділу на руду й вмещаючі породи у кар'єрі, полягає в необхідності створення на ранніх етапах розробки родовища зовнішнього хвостосховища, а в міру відпрацювання кар'єру – внутрішнього. Як було встановлено в роботі [10, 11], на початковому етапі розробки кар'єру Мотронівського ГЗК для розміщення хвостів збагачення необхідно залучити 72 га землі за межами кар'єру, а після формування необхідної площі внутрішнього відвала, хвостосховище споруджується на його поверхні.

Як було розглянуто раніше, питання формування зовнішнього й внутрішнього хвостосховища з відходів збагачення в цей час викликає ряд складностей, а також призводить до того, що значні площі земель неефективно використовуються в господарській діяльності гірничодобувного підприємства [12]. Рішенням цієї проблеми може стати розробка технологічних схем, які дозволяють зменшити площу хвостосховищ шляхом безпосереднього поділу в кар'єрі порід, з яких воно формується. Таким чином, пісок і глина можуть використовуватися, як супутня корисна копалина [13], а у випадку відсутності споживача, розміщатися в техногенному родовищі.

Таким чином, обсяг хвостів збагачення істотно зменшиться, що, до того ж спростить одержання висновків з ОВД і СЕО для формування хвостосховища за межами кар'єру. У той же час відсутність хвостосховища на поверхні внутрішнього відвала дозволить задіяти додаткові території для економічної діяльності, спрямовані на розміщення сонячних електростанцій.

**ВИСНОВКИ.** Як показує аналіз виконаних досліджень, основні проблеми освоєння титанцирконієвих родовищ у цей час полягають в утворенні великих об'ємів відходів збагачення, розташованих у хвостосховищах, а також в ускладненні процедури одержання земель у користування для розміщення на них хвостосховищ. При цьому відзначається низький рівень залучення супутніх корисних копалин у розробку й використання, значні обсяги переекскавації при безтранспортній системі розробки, а також великі об'єми транспортних робіт при гідромеханізованому способі видобутку корисних копалин розсипних родовищ.

Рішення цих проблем є комплексним і реалізується шляхом підвищення рівня залучення супутніх корисних копалин, починаючи з вмещаючих і закінчуючи розкривними породами. Поділ вмещаючих порід дозволить істотно скоротити вихід відходів збагачення, що приведе до зменшення площі зовнішнього й внутрішнього хвостосховища, а також до підвищення економічної ефективності роботи гірничодобувного підприємства.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Собко Б. Е. Совершенствование технологии открытой разработки россыпных титаноциркониевых руд: монография. Д.: НГУ, 2008. 167 с.
2. Sobko B. Yu., Lozhnikov O. V., Laznikov, O. M. Substantiation of Rational Mining Method at the Motronivskyi Titanium-Zirconium Ore Deposit Exploration. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*. 2016, № 6. p. 41.
3. Пивняк Г. Г., Гуменик И. Л., Дребенштедт К., Панасенко А. И. Научные основы рационального

природопользования при открытой разработке месторождений: моногр. Д.: Национальный горный университет, 2011. 568 с.

4. Rakhimova, Y. M., Saimbetov, A. K., Karabaeva, M. A. The concentration dependence of electroconductivity and permittivity of ceramic materials, containing organic and inorganic particles conducting fillers. 2004. 24 p.

5. Про оцінку впливу на довкілля. Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2059-19> (дата звернення: 17.12.2019)

6. Про стратегічну екологічну оцінку. Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19> (дата звернення: 17.12.2019)

7. Покровська сонячна електростанція. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Покровська\\_сонячна\\_електростанція](https://uk.wikipedia.org/wiki/Покровська_сонячна_електростанція). (дата звернення: 17.12.2019)

8. Лазніков О. М. Обґрунтування способу розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського титан-цирконієвого родовища. *Міжвідомчий збірник наукових праць Геотехнічна механіка*. Інститут геотехнічної механіки: Дніпропетровськ, 2015. Вип. 124. С. 232–239.

9. Лазніков О. М. Обґрунтування технології розробки мало обводнених покладів розсипних руд. *Збірник наукових праць НГУ*, 2015. № 49. С. 48–54.

10. Воловик В. П., Коган Ю. Л. К вопросу размещения хвостов обогащения во внутренних отвалах. *8-я ежегодная международная промышленная конференция «Эффективность реализации научного ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях»*, 11–15 февр. 2008г: тезисы докл. Славское. УИЦ, Киев, 2008. С. 78–79.

11. Собко Б. Ю., Лазніков О. М. Розробка технологічних схем виробництва гірничих робіт в умовах обводненого Мотронівсько-Аннівського розсипу титан-цирконієвих руд. *Науково-технічний та виробничий журнал «Металургійна та гірничорудна промисловість»*. Дніпро, 2016. № 3. С. 105–109.

12. Собко Б. Ю., Ложніков О. В. Встановлення параметрів гірничотранспортного комплексу кар'єра при розробці обводнених родовищ з використанням земснарядів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2018. Вип. № 6 (113). С. 51–58.

13. Moila A., Chetty D., Ndlovu S. (2017), The application of process mineralogy on a tailings sample from a beach placer deposit containing rare earth elements. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. Т. 117. №. 7. Pp. 615–621.

## MODERN PROBLEMS OF TITANIUM-ZIRCONIUM DEPOSITS DEVELOPMENT IN UKRAINE

O. Lozhnikov

National Technical University "Dnipro Polytechnic"

prosp. D. Yavornitskoho, 19, Dnipro, 49005, Ukraine. E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

**Purpose.** To analyze the modern problems of titanium-zirconium deposits development in Ukraine for determining the possibility of technological charts parameters improving. **Methodology.** To establish the main problems in the field of titanium-zirconium deposits mining in Ukraine an analytical research method was used. The systematization of tasks aimed at increasing the efficiency of flooded and non-flooded deposits development was carried out using the method of system analysis. **Results.** The main tasks have been established the solution which allows increasing the efficiency of this type deposits development. The research results at determining the possibility of accompany raw materials extraction at the development on existing and new deposits are presented. The basic technological solutions that allow reducing the volumes of mining waste are considered. **Originality.** The analysis of possible ways of external and internal tailing area reduction during the flooded and non-flooded titanium-zirconium deposits development is performed. The necessity of increasing the efficiency of the internal dump land use is substantiated taking into account the current tendencies for the lands using after titanium-zirconium surface mining damaged. **Practical value.** A block diagram of modern problems at the titanium-zirconium deposits mining which are related to the mining technology has been developed. The main ways to increase the efficiency of technological schemes for mining the existing and new pits at the titanium-zirconium deposits development are given. **Conclusions.** It was established that solution to these problems concerning the higher effectiveness at the titanium-zirconium deposits mining is complex and is implemented by increasing the level of accompany minerals involved in economic activity from the host and overburden rocks. Separation of host rocks will significantly reduce the output of enrichment waste which will reduce the area of external and internal tailings and increase the economic efficiency of the titanium-zirconium mining enterprise.

**Key words:** pit, surface mining, integrated development, titanium-zirconium deposits, technological scheme, pit tailings

## REFERENCES

1. Sobko, B. E. (2008), Improving the technology of open pit mining of placer titanium-zirconium ores [Monograph], Dnipropetrovsk, NMU, 167 p.
2. Sobko, B. Yu., Lozhnikov, O. V., Laznikov, O. M. (2016), "Substantiation of Rational Mining Method at the Motronivskiy Titanium-Zirconium Ore Deposit Exploration", *Natsional'nyi Hirnychi Universytet. Naukovyi Visnyk* [Scientific Bulletin of the National Mining University], № 6, p. 41.
3. Pivnyak, G. G., Gumenik, I. L., Drebenstedt, K., Panasenko, A. I. (2011), Scientific basis of environmental management in surface mining [Monograph], Dnipropetrovsk, National Mining University, 568 p.
4. Rakhimova, Y. M., Saimbetov, A. K., Karabeva, M. A. (2004), The concentration dependence of electroconductivity and permittivity of ceramic materials, containing organic and inorganic particles conducting fillers.
5. On Environmental Impact Assessment (2017), Law of Ukraine, № 2059-VIII.
6. On Strategic Environmental Assessment (2018), Law of Ukraine, № 2354-VIII.
7. *Pokrovskaya solar power plant* (2020), Internet access mode: <https://en.wikipedia.org/wiki/>
8. Laznikov, O. M. (2015), "Substantiation of the method of development of the Motronivsko-Annivskiy site of the Malishevsky titanium-zirconium deposit", *Interagency collection of scientific works Geotechnical Mechanics*, No. 124, Institute of Geotechnical Mechanics, Dnipropetrovsk, pp. 232-239.
9. Laznikov, O. M. (2015), "Substantiation the technology of low-flooded placer ores deposits development", *Proceedings of NMU*, № 49, pp. 48-54.
10. Volovik, V. P., Kogan, Yu. L. (2008), "On the issue of tailings in internal dumps", *8th annual International industrial conference "Efficiency of the implementation of scientific resource and industrial potential in modern conditions"*, UIC, Kiev, pp. 78-79.
11. Sobko, B. Yu. (2016), "Development of technological schemes for mining operations in the conditions of the flooded Motronivsko-Annivskiy deposit of titanium-zirconium ores", *Science and Technology and Production Journal "Metallurgical and Mining Industry"*, Dnipro, № 3, pp. 105-109.
12. Sobko, B. Yu., Lozhnikov, O. V. (2018), "Setting the parameters of a pit mining complex at the development of flooded fields using dredgers", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, № 6 (113), pp. 51-58.
13. Moila, A., Chetty, D., Ndlovu, S. (2017), "The application of process mineralogy on a tailings sample from a beach placer deposit containing rare earth elements", *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, v. 117, № 7, pp. 615-621.

Стаття надійшла 28.01.2020.