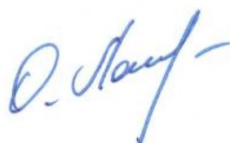


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ЛОЖНИКОВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 622.271(043.3)

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЄННЯ
МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ПРИ РОЗРОБЦІ ОБВОДНЕНИХ
РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ**

Спеціальність:

05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі відкритих гірничих робіт Національного технічного університету “Дніпровська політехніка” (м. Дніпро) Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант:

– доктор технічних наук, професор

Собко Борис Юхимович,

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», завідувач кафедри відкритих гірничих робіт.

Офіційні опоненти:

– доктор технічних наук, професор

Четверик Михайло Сергійович,

Інститут геотехнічної механіки НАН України ім. М.С. Полякова (м. Дніпро) Національної академії наук України, провідний науковий співробітник відділу геомеханічних основ технології відкритої розробки родовищ;

– доктор технічних наук, професор

Жуков Сергій Олександрович,

Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет» (м. Кривий Ріг) Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри відкритих гірничих робіт;

– доктор технічних наук, професор

Коробійчук Валентин Вацлавович,

Державний університет «Житомирська політехніка» (м. Житомир) Міністерства освіти і науки України, професор кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т.

Захист відбудеться “30” квітня 2021 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 із захисту дисертацій при Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19, ауд. 1/60.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.

Автореферат розісланий “26” березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02,
к.т.н., доцент

О.О. Борисовська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розробка розсипних родовищ України є одним з пріоритетних напрямів забезпечення внутрішнього і зовнішнього ринків стратегічною сировиною. До розсипних родовищ України відносяться поклади титан-цирконієвих руд, бурштину, золота, хрому, олова, танталу, ніобію та ін. Основною стратегічною сировиною, що видобувається, сьогодні є титан-цирконієві руди, які мають широкий спектр застосування у авіа- і ракетобудуванні, виробництві засобів електроніки, високоточних приладів, медичного обладнання та ін. За їх видобутком Україна входить у десятку світових лідерів з річним виробництвом продукції на 10 – 12 млрд грн. Тому стала розробка цієї сировини забезпечує високі податкові надходження до бюджету і забезпечує економічний і соціальний розвиток країни в цілому.

Нині вона перебуває у невизначеному стані, оскільки великі родовища з відносно простими гідрогеологічними умовами залягання практично відпрацьовані, а нові мають суттєві проблеми технологічного та організаційного характеру через значні об'єми водоприпливу. Окрім цього, розробка титан-цирконієвих родовищ супроводжується утворенням значної кількості відходів виробництва. Наприклад, при експлуатації перспективного кар'єру Мотронівського ГЗК частка вмісту важких мінералів в руді складає 5 %, а в загальному об'ємі гірничої маси – близько 1 %. Відсутність комплексного використання мінеральної сировини на момент відпрацювання кар'єру призведе до утворення сукупного об'єму відходів 830 млн м³, що будуть розташовані у відвалах та хвостосховищах, у той час як об'єм титан-цирконієвих мінералів складе 7,5 млн м³. Розташування відходів за межами кар'єру сьогодні є вкрай складною задачею з урахуванням змін у законодавчій базі, що ускладнюють надання в оренду нових земель для хвостосховищ, зовнішніх відвалів тощо. Також суттєвим недоліком існуючих технологій розробки розсипних родовищ є необхідність транспортування усього обсягу корисної копалини на стаціонарну збагачувальну фабрику, при цьому об'єм вмісних порід в руді досягає 95 %, що зумовлює значний об'єм надлишкової транспортної роботи.

Отже, встановлено невідповідність щодо існуючого стану гірничого виробництва потребам промисловості при забезпеченні необхідного рівня його ефективності, тому обґрунтування методологічних підходів до комплексного освоєння мінеральної сировини і встановлення залежностей між елементами гірничотехнічних систем при розробці нових технологій відкритої розробки обводнених розсипних родовищ з урахуванням технологічних, економічних й природоохоронних факторів є **актуальною науковою проблемою**.

Для розв'язання встановленої **наукової проблеми** в дисертації вирішувався перелік завдань з оптимізації технологій освоєння обводнених розсипних родовищ з урахуванням критеріїв комплексного освоєння мінеральної сировини і розробки методологічних підходів оцінки показників відкритої розробки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Обраний напрям досліджень пов'язано з науковою програмою НТУ «Дніпровська політехніка» відповідно до плану НДР Міністерства освіти і науки України за темами: «Розвиток теорії раціонального надрокористування для забезпечення сталого функціонування техноекосистем гірничовидобувних регіонів та охорони навколишнього середовища» (№ держреєстрації 0113U000404, 2013 – 2015 р.), в якій автор брав участь як виконавець та відповідальний виконавець; «Розробка екологізберігаючих технологій видобування корисних копалин і гірничотехнічної рекультивациі, спрямованих на ефективне використання постгірничопромислових територій» (№ держреєстрації 0116U004621, 2016 – 2017 р.), в якій автор брав участь як відповідальний виконавець; «Наукове обґрунтування методологічної, технологічної, екологічної і правової бази вилучення корисних компонентів з техногенних родовищ України» (№ держреєстрації 0116U004619, 2016 – 2017 р.), в якій автор брав участь як виконавець; «Обґрунтування новітніх технологічних рішень освоєння родовищ корисних копалин у контексті сталого розвитку гірничовидобувних регіонів» (№ держреєстрації 0120U102078, 2020 – 2022 р.), в якій автор бере участь як виконавець.

Мета і завдання роботи.

Мета роботи – обґрунтування методологічних підходів до комплексного освоєння мінеральної сировини і встановлення залежностей між елементами гірничотехнічних систем при розробці нових технологій відкритої розробки обводнених розсипних родовищ. Для досягнення визначеної мети в дисертації **поставлені та вирішені наступні завдання:**

1) аналіз сучасного стану теорії і практики відкритих гірничих робіт з метою розвитку науково-технічних основ технологій комплексного освоєння сировини при розробці обводнених розсипних родовищ;

2) розробка методологічних підходів до створення нових технологій комплексного освоєння розсипних родовищ з урахуванням технологічних, економічних й природоохоронних показників;

3) розробка методик проектування нових технологій комплексного освоєння мінеральної сировини з метою обґрунтування параметрів елементів систем відкритої розробки обводнених розсипних родовищ;

4) встановлення параметрів технологій відкритої розробки з урахуванням можливості роздільного складування вмісних порід у потенційні техногенні родовища для їх подальшого використання як вторинної мінеральної сировини;

5) оцінка інвестиційної привабливості технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ з метою виявлення ефективних умов використання запропонованих технологічних рішень;

6) розробка та апробація методики багатофакторної оцінки ефективності технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ на основі технологічних, економічних й природоохоронних показників відкритої розробки.

Об'єкт досліджень – комплексне освоєння мінеральної сировини при відкритій розробці обводнених розсипних родовищ.

Предмет досліджень – технології комплексного освоєння мінеральної сировини розсипних родовищ та методологічні підходи з їх оцінювання і вибору.

Методи досліджень. При виконанні дисертаційної роботи застосовувався комплекс методів досліджень, що включав наступні методи: аналітичний – для аналізу й узагальнення науково-технічної інформації з проблеми, постановки завдань й основних висновків досліджень; техніко-економічного аналізу – при розрахунку ефективних параметрів технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ; наукової класифікації – для систематизації факторів, що впливають на вибір технологій при розробці обводнених родовищ; техніко-економічного моделювання – для розробки методики багатофакторної оцінки технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ; імітаційного моделювання – для встановлення ефективних параметрів технологій розробки обводненого родовища із застосуванням механізованого й гідромеханізованого виймально-навантажувального й транспортного устаткування, а також впливу технологій видобутку на показники відновлення порушених земель; експертних оцінок – для апробації методики багатофакторної оцінки ефективності технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ.

Наукові положення, які захищаються в дисертації.

1. При розробці обводнених родовищ використання показника об'єму транспортної роботи для порівняння технологій із застосуванням гідромеханізованого способу видобутку корисної копалини дозволяє встановити, що ефективність використання комплексної технології розробки із застосуванням плавучої збагачувальної фабрики з розділенням вмісних порід в кар'єрі у порівнянні з технологією без розділення порід вища у 3 – 4 рази і в 9 – 10 разів вища ніж за технологією з використанням земснарядів і транспортуванням рудних пісків на стаціонарну збагачувальну фабрику за весь період експлуатації кар'єру.

2. Впровадження технології комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ забезпечується включенням у процес видобутку рудних пісків гідромеханізованого видобувного комплексу, що дозволяє розділити руди на важкі мінерали, піщані та глинисті породи в кар'єрі з подальшим роздільним складуванням у відвали, за рахунок чого досягається зменшення витрат на транспортування корисної копалини, збільшення об'ємів вилучення супутніх корисних копалин, формування потенційного техногенного родовища глин у внутрішньому відвалі та зменшення площ земель, зайнятих зовнішніми хвостосховищами.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше встановлено вплив технології комплексного освоєння мінеральної сировини обводнених розсипних родовищ на параметри транспортної системи кар'єру, що дозволяє визначити ефективні параметри роздільного гідротранспортування руди та вмісних порід.

2. Вперше визначено вплив роботи гідромеханізованого видобувного комплексу на показники об'єму транспортної роботи кар'єру при освоєнні

обводнених розсипних родовищ, що дозволяє встановити ефективність застосування технології комплексного освоєння мінеральної сировини на всіх етапах розробки родовища.

3. Вперше виявлені залежності площ внутрішнього відвалу для розміщення хвостів збагачення від року експлуатації кар'єру при розробці розсипних родовищ, які дозволяють встановити ефективність технології комплексного освоєння мінеральної сировини за показником відновлення площі земель внутрішнього відвалу.

4. Вперше встановлено закономірності зміни площі потенційного техногенного родовища від кількості секцій, в яких розміщується супутня сировина, що дозволили визначити ефективні параметри складування вмісних порід на поверхні внутрішнього відвалу кар'єру.

5. Вперше виявлено взаємозв'язок між параметрами секцій потенційного техногенного родовища і початком його формування з урахуванням скорочення часу простоїв при складуванні вторинної мінеральної сировини і об'ємів порід, що розташовуються за межами внутрішнього відвалу кар'єру.

6. Вперше визначено вплив частки залучення у використанні супутньої сировини обводненого розсипного родовища на інвестиційну привабливість проекту розробки, який дозволяє визначити ефективні умови застосування технології комплексного освоєння мінеральної сировини.

7. Вперше встановлені закономірності зміни чистої приведеної вартості проекту від показників витрат на оренду землі з урахуванням передачі порушених земель внутрішнього відвалу новому землекористувачу при застосуванні технології комплексного освоєння мінеральної сировини.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються коректністю поставлених завдань, застосуванням основних положень та практики відкритих гірничих робіт, високою збіжністю результатів теоретичних й експериментальних досліджень із фактичними параметрами технологій на діючих кар'єрах, що складає 90 % і підтверджуються актами впровадження розроблених методичних положень і рекомендацій до роботи ДП «Інститут «УкрНДІпроект» та ТОВ «Мотронівський ГЗК».

Наукове значення роботи полягає у встановлених закономірностях використання технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ та їх впливу на елементи гірничотехнічних систем відкритої розробки родовищ корисних копалин, показники транспортної роботи підприємства і землекористування, а також інвестиційну привабливість технологічних рішень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці:

1. Розроблено методика багатofакторної оцінки технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ з урахуванням економічних, технологічних й організаційних показників відкритої розробки, яка дозволяє здійснити вибір технології комплексного освоєння мінеральної сировини обводнених розсипних родовищ (акт впровадження УкрНДІпроект від 15.05.2020 р.).

2. Розроблено технологію комплексного освоєння розсіпних родовищ, яка передбачає застосування гідромеханізованого видобувного комплексу для розподілу корисної копалини в кар'єрі на важкі мінерали, піщані і глинисті породи, що дозволяє суттєво зменшити об'єм транспортної роботи і відмовитися від формування хвостосховища, а піщані і глинисті породи використовувати як супутню сировину або складувати її у техногенні родовища (патент на винахід №122016).

3. Створено методикау встановлення об'ємів транспортної роботи кар'єру при відпрацюванні видобувного уступу з використанням засобів гідромеханізації при розробці розсіпних родовищ, яка дозволяє виконати оцінку ефективності технологій розробки без урахування довжини трубопроводів гідравлічного транспорту (акт впровадження УкрНДІпроект від 15.05.2020 р.).

4. Створено методичні рекомендації з обґрунтування параметрів техногенних родовищ у внутрішньому відвалі кар'єру при складуванні глин із вмісних порід при комплексному освоєнні обводнених розсіпних родовищ, яка дозволяє виконати планування робіт зі складування супутньої глиняної сировини з вмісних порід рудного пласта з можливістю їх подальшого використання (акт впровадження ТОВ «Мотронівський ГЗК» від 23.10.2020 р.).

5. Створено методики оцінки інвестиційної привабливості освоєння родовищ з урахуванням залучення в розробку супутніх корисних копалин і фактора використання порушених земель при застосуванні комплексної технології освоєння мінеральної сировини обводненого розсіпного родовища (акт впровадження УкрНДІпроект від 15.05.2020 р.).

6. Результати дисертаційного дослідження впроваджено в навчальний процес кафедри відкритих гірничих робіт НТУ «Дніпровська політехніка» у лекційний матеріал та практичні завдання з дисциплін «Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин» і «Надрокористування при відкритих гірничих роботах» (акт впровадження від 7 грудня 2020 р.).

Впровадження результатів роботи. Методика багатфакторної оцінки технологій комплексного освоєння обводнених розсіпних родовищ з урахуванням економічних, технологічних й організаційних показників відкритої розробки; методика встановлення об'ємів транспортної роботи кар'єру при відпрацюванні видобувного уступу з використанням засобів гідромеханізації при розробці розсіпних родовищ; методики оцінки інвестиційної привабливості освоєння родовищ з урахуванням залучення в розробку супутніх корисних копалин і фактору використання порушених земель впроваджені в роботу проектного інституту ДП «Інститут «УкрНДІпроект» для оцінки робочих проектів розробки нових родовищ корисних копалин України (акт впровадження 15 травня 2020 р.); запропоновані рекомендації з обґрунтування параметрів техногенних родовищ у внутрішньому відвалі кар'єру при складуванні глин із вмісних порід при комплексному освоєнні обводнених родовищ впроваджено у роботу Мотронівського ГЗК (акт впровадження 23 жовтня 2020 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і наукової проблеми і завдань роботи; обґрунтуванні наукових положень; розробці методики багатофакторної оцінки технологій комплексного освоєння обводнених родовищ; обґрунтуванні нових технологій комплексного освоєння обводнених розсіпних родовищ; розробці рекомендацій щодо вибору оптимальної технології відпрацювання кар'єру Мотронівського ГЗК.

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались і отримали схвалення на міжнародних науково-практичних конференціях: *Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение* (г. Алматы: Казанский НТУ, 18-19 марта 2014 г., форма участі – заочна); «Форум гірників – 2016» (м. Дніпро, 5-8 жовтня 2016 р., форма участі – очна); *Surface Mining Conference 2019* (Freiberg, Deutschland, 27 February – 02 March, форма участі – очна); *Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК* (г. Алматы, Казанский НТУ, 10-11 апреля 2019 р., форма участі – заочна); *Международная научная конференция «Сатпаевские чтения – 2020»* (г. Алмати, Казанский НТУ, 12 апреля 2020 р., форма участі – заочна); VII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, 29 жовтня 2020 р., форма участі – заочна); засіданнях кафедри відкритих гірничих робіт НТУ «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро, 2013 – 2020 рр., форма участі – очна).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 33 друкованих працях, серед них 1 монографія у співавторстві, 1 патент на винахід; 7 статей у виданнях з високим індексом цитування; 18 статей у провідних фахових наукових виданнях, 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, 5 матеріалів доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Об'єм основного тексту дисертації складає 305 сторінок, у тому числі 38 таблиці, 80 ілюстрацій до тексту, 5 додатків на 48 сторінках, список використаних джерел із 206 найменувань на 25 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані її мета, наукова проблема і завдання, предмет та об'єкт досліджень, наведена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів; наведені наукові положення, що виносяться на захист, а також інформація про апробацію роботи та публікації за її темою.

У першому розділі, відповідно до першого завдання досліджень, виконано аналіз сучасного стану теорії і практики відкритих гірничих робіт з метою розвитку науково-технічних основ технологій комплексного освоєння сировини при розробці обводнених розсіпних родовищ.

Аналіз в тому числі літературних та патентних джерел, дозволив встановити брак теоретичних досліджень для розвитку технологій комплексного освоєння сировини при розробці обводнених розсипних родовищ. Це пов'язано з тим, що ефективність нових технологічних рішень мусить бути підкріплена обґрунтованими аргументами на користь комплексного освоєння мінеральної сировини й охорони навколишнього середовища, оскільки їх реалізація пов'язана зі збільшенням капітальних витрат гірничопромислових підприємств.

У той самий час встановлено, що основні проблеми сучасного стану розробки розсипних родовищ полягають в утворенні великих об'ємів відходів виробництва, що розташовуються у хвостосховищах, а також в ускладненні процедури одержання нових земель у користування для розміщення на них хвостосховищ. При цьому відзначається низький рівень комплексного використання супутніх корисних копалин, значні об'єми переекскавації при безтранспортній системі розробки, а також великі об'єми транспортних робіт при гідромеханізаційному способі видобутку корисних копалин. Вирішення цих проблем повинно бути комплексним і реалізуватися шляхом підвищення рівня залучення супутніх корисних копалин, починаючи з вмісних і закінчуючи розкривними породами. Поділ вмісних порід у межах кар'єру дозволить істотно скоротити об'єм транспортної роботи, а також суттєво знизити утворення відходів збагачення, що приведе до зменшення площі зовнішнього й внутрішнього хвостосховища, за рахунок чого може бути досягнуто підвищення економічної ефективності роботи підприємства.

Результати виконаного аналізу обумовили актуальність наукової проблеми, яка полягає в обґрунтуванні методологічних підходів до комплексного освоєння мінеральної сировини і встановленні залежностей між елементами гірничотехнічних систем при розробці нових технологій відкритої розробки обводнених розсипних родовищ з урахуванням технологічних, економічних й природоохоронних факторів.

Таким чином, за результатами виконаного аналізу джерел сформульовані основні завдання досліджень, вирішення яких дозволить досягти мети роботи.

У другому розділі, відповідно до другого завдання досліджень, розроблені методологічні підходи до створення нових технологій комплексного освоєння родовищ з урахуванням економічних, технологічних й природоохоронних показників відкритої розробки.

Для порівняння ефективності техніко-економічних показників можливих технологій розробки обводнених розсипних родовищ запропоновано структурно-логічні схеми з вибору гірничотранспортного устаткування та технології комплексного освоєння обводненого родовища з урахуванням використання супутніх корисних копалин. Встановлено основні напрямки розвитку ресурсозберезувальних технологій при розробці обводнених розсипних родовищ. Виявлено, що супутня сировина при розробці родовищ титан-цирконієвих руд перебуває як у розкривних породах, так й у вмісних породах корисної копалини, при цьому частка важких металічних мінералів в

гірничій масі кар'єру не перевищує 1 %. Тобто без комплексного освоєння мінеральної сировини решта порід є відходами виробництва.

Розробка методологічних підходів до оцінки новітніх технологій комплексного освоєння родовищ ґрунтується на системному підході, який включає багатофакторну оцінку показників, що впливають на розробку обводненого розсипного родовища. Усі фактори умовно поділено на дві групи: керовані й некеровані. У свою чергу некеровані фактори поділяються на дві підгрупи: природні умови й місце розташування ділянки. Група керованих факторів має дві підгрупи, які можуть змінюватися під час створення проекту розробки та прийняті рішення. Вони взаємозалежні між собою й визначаються під час проектування до того моменту, поки не буде прийняте остаточне рішення щодо параметрів технології розробки кар'єру.

Рекомендовано під час вибору найбільш ефективної технології комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ використовувати розроблену методику багатофакторної оцінки, яка враховує 16 найбільш важливих критеріїв відповідно до встановлених раніше керованих і некерованих факторів впливу при виборі комплексної технології. Обґрунтування важливості кожного з них здійснювалось експертами в галузі відкритої розробки родовищ шляхом ранжирування й встановлення ваги.

Відповідно до проведених досліджень критерії отримали наступні показники (ранг/вага (V_{j_n})): безпека технології (рівень безпеки) (1/11,5); витрати на видобуток руди, т/грн (2/10,5); негативний вплив технології на навколишнє природне середовище (3/9,5); вплив виймально-навантажувального устаткування на втрату основної сировини при видобутку (4/8); можливість застосування технології в обмежених земельних умовах (5/7,2); витрати на видобуток руди з урахуванням землекористування, т/грн (6/6,5); витрати на водовідведення (осушення) кар'єру й створення резервуара з технічною водою, грн /рік (7/6,5); надійність (довговічність) технології (8/6,5); витрати на видобуток руди з урахуванням розробки супутніх корисних копалин, т/грн (9/5,5); рівень утворення відходів (10/5,5); проектна площа хвостосховища (11/4,5); селективне видобування супутніх корисних копалин (12/4,5); забезпечення ринку супутньою сировиною для будівельної промисловості (13/3,7); формування техногенного родовища (14/3,5); зменшення площі землі, порушеної кар'єрами будівельних матеріалів, за рахунок залучення супутньої сировини розсипного родовища (15/3,3); можливість господарської діяльності на порушених землях внаслідок зменшення площі хвостосховища (16/3,3).

При цьому за чотирма економічними критеріями оцінку пропонується виконувати з використанням відсоткової різниці між показниками найкращої та решти технологій. Після оцінювання 12 технологічних і природоохоронних критеріїв визначається загальна оцінка технології, при цьому в стовпці «вага критерію (V_{j_n})» експертною групою вже виставлені показники ваги. Для встановлення загальної оцінки кожної технології показник ваги критерію (V_{j_n}) помножується на оцінку критерію щодо кожної технології (v_{nm}), а у випадку оцінки чотирьох економічних критеріїв визначається відсоткова різниця. В

результаті встановлюється загальна оцінка $\sum_{i=1}^n v_{i1} \cdot V_{ji}$ і технологія комплексного освоєння з найкращим показником рекомендується до впровадження.

Третій розділ присвячено вирішенню третього завдання досліджень – розробці методик проектування нових технологій комплексного освоєння сировини і параметрів елементів систем відкритої розробки обводнених розсипних родовищ.

При виконанні досліджень визначено основні параметри елементів систем розробки найбільш ефективних технологій освоєння обводнених розсипних родовищ, основна відмінність яких полягає у застосуванні різного гірничотранспортного устаткування, що використовується для відпрацювання видобувного уступу і транспортування корисної копалини на збагачувальну фабрику.

Аналіз результатів виконаних досліджень дозволив встановити основний недолік існуючих технологій розробки розсипних родовищ з використанням стаціонарної збагачувальної фабрики на борту кар'єру, який полягає у постійному збільшенні довжини трубопроводів при посуванні фронту гірничих робіт. Результати досліджень дозволяють стверджувати, що для умов експлуатації кар'єру Мотронівського ГЗК за час розробки довжина трубопроводів гідротранспорту збільшується з 4 до 9,2 км. Другий істотний недолік існуючих технологій полягає у необхідності подачі на фабрику усього об'єму корисної копалини протягом розробки кар'єру. При цьому лише 5 % від загального об'єму руди представлено титан-цирконієвими мінералами, решта – вмісними піщано-глинистими породами.

Виконаний аналіз науково-дослідних робіт дозволив встановити, що завдяки світовій практиці вирішення задачі зменшення об'ємів транспортування вмісних порід на збагачувальну фабрику при підводній розробці розсипних родовищ титан-цирконієвих руд, може бути досягнуто за рахунок використання плавучих фабрик мокрого збагачення. Їх основною функцією є відокремлення в межах кар'єру важких мінералів від вмісних порід. Потім вони подаються на стаціонарну збагачувальну фабрику для подальшої довідної сепарації, а піщано-глиниста суміш транспортується у хвостосховище.

Окрім зазначених переваг, суттєвим недоліком цієї технології є необхідність формування хвостосховища, яка пов'язана з фізико-механічними властивостями вмісних порід, і подальша втрата супутньої сировини для інших галузей промисловості. Потреба у формуванні хвостосховища з цієї сировини, котра представлена піщано-глинистою сумішшю та має низькі фільтраційні властивості, пов'язана з умовами безпеки, оскільки їх розміщення у ярусі внутрішнього відвалу кар'єру гідромеханічним способом не дозволяє відсипати наступні яруси відвалу механічним способом.

У зв'язку із цим розроблено нову технологію комплексного освоєння мінеральної сировини при розробці обводнених розсипних родовищ, основна відмінність якої полягає у застосуванні гідромеханізованого видобувного комплексу (ГДК) у складі земснарядів і плавучої збагачувальної фабрики з

розподілом корисної копалини на важкі мінерали, піщані і глинисті породи, за допомогою чого з'являється можливість відмовитися від формування хвостосховища, а піщані і глинисті породи використовувати як супутню сировину або складувати її у потенційні техногенні родовища (рис. 1).

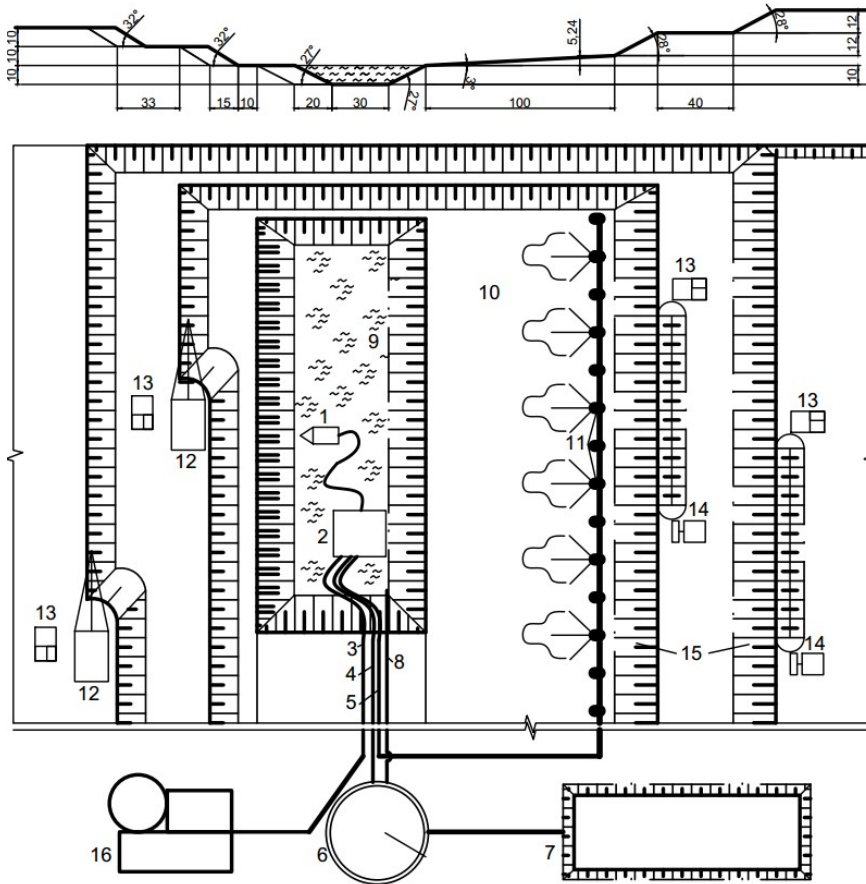


Рис. 1. Схема технології комплексного освоєння розсипного родовища: 1 – видобувний земснаряд; 2 – фабрика чорного концентрату; 3 – пульповід колективного концентрату на довідну збагачувальну фабрику; 4 – пульпопровід хвостів збагачення фракції глини; 5 – пульпопровід хвостів збагачення піщаної фракції; 6 – згущувач хвостів збагачення фракції глини; 7 – хвостосховище глинистих хвостів збагачення; 8 – водогін оборотної води; 9 – укіс підводного гідровідвалу; 10 – укіс гідровідвалу; 11 – випуски піщаних хвостів на пульповоді; 12 – драглайн; 13 – автосамоскид; 14 – бульдозер; 15 – укуси відвальних ярусів; 16 – довідна збагачувальна фабрика.

Позаяк включення ГДК у технологічний цикл викличе збільшення ширини розрізної траншеї, а отже і площі кар'єру, виконано дослідження зі встановлення залежності параметрів розрізної траншеї від включення в технологічний процес плавучої збагачувальної фабрики. Їх результати показали, що основним недоліком запропонованої технології є збільшення ширини розрізної траншеї зі 100 до 200 м, її площі та об'єму. Встановлено, що застосування ГДК призведе до збільшення площі розрізної траншеї в 1,22 рази у порівнянні з технологією розробки рудного пласта земснарядами. У той самий час об'єм робіт зі спорудження траншеї збільшується в 1,43 рази, що призводить до необхідності збільшення об'єму гірничо-будівельних робіт в умовах розробки кар'єру Мотронівського ГЗК на 16 млн м³ розкривних порід (рис. 2).

Виявлено, що основною перевагою використання плавучої збагачувальної фабрики для розділення рудних пісків на важкі мінерали і вмісні піщано-глинисті породи є істотне зменшення об'єму транспортної роботи підприємства, яка вимірюється (м³ · км) за одиницю часу. При виконанні досліджень визначення об'єму транспортної роботи (W_{CP}) для технології з

використанням земснарядів без ГДК і з формуванням хвостосховища виконується за виразом:

$$\sum_{i=1}^n W_{CP} = \sum_{i=1}^n V_M (L_K + L_{Pi}) + \sum_{i=1}^n V_{SC} (L_{Pi} + L_O - D_T), \text{ м}^3 \cdot \text{м}, \quad (1)$$

де V_M – річна продуктивність кар'єру, млн м^3 / рік; L_P – довжина посування фронту гірничих робіт за час розробки кар'єру, м; V_{SC} – об'єм піщано-глинистої суміші, яка транспортується у хвостосховище, млн м^3 /рік; L_O – довжина відвального фронту, м; D_T – безпечна відстань від фронту гірничих робіт до хвостосховища, розташованого у внутрішньому відвалі, м.

Розрахунок об'єму транспортної роботи (W_{FCP}) для даної технології з використанням ГДК без розділення вмісних порід на пісок і глину з формуванням хвостосховища виконувався за виразом:

$$\sum_{i=1}^n W_{FCP} = \sum_{i=1}^n V_T (L_K + L_{Pi}) + V_{SC} (L_K + L_O + D_T), \text{ м}^3 \cdot \text{м}, \quad (2)$$

де V_T – річний об'єм частин твердих мінералів, млн м^3 /рік.

Виконані дослідження підтвердили ефективність використання ГДК за рахунок скорочення об'ємів гірничої маси, яку необхідно переміщати на стаціонарну збагачувальну фабрику, адже вмісні породи одразу можуть транспортуватися на хвостосховище. Відтак, застосування ГДК навіть без розділення вмісних порід дозволяє знизити річний об'єм транспортних робіт на 0,8 млн $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ /рік, а на момент доробки кар'єру даний показник зменшиться на 40 млн $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ (рис. 3).

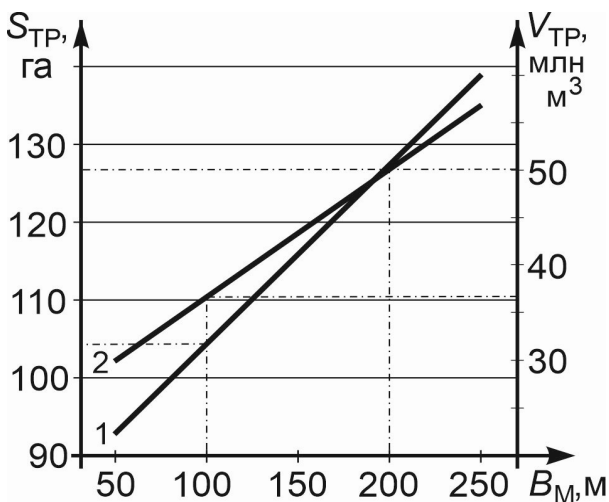


Рис. 2. Залежність площі і об'єму розрізної траншеї від ширини її обводненої частини:
1 – площа траншеї по верху, га; 2 – об'єм розрізної траншеї, млн м^3

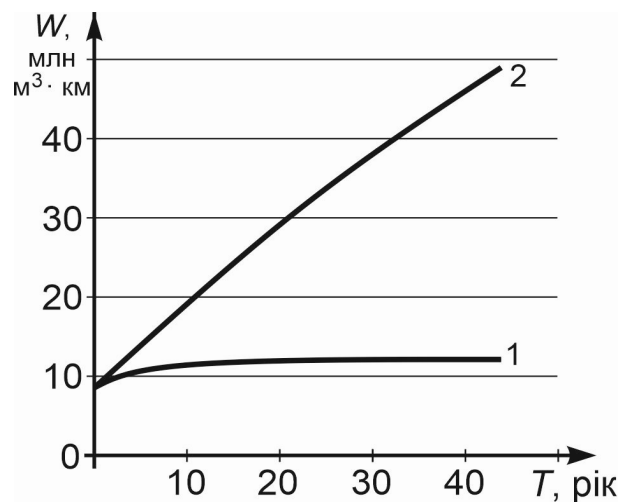


Рис. 3. Зміна об'єму транспортної роботи при відпрацюванні розсипного родовища з використанням збагачувальної фабрики за роками: 1 – плавучої; 2 – стаціонарної

Встановлена залежність загальної довжини трубопроводів від технології розробки розсипного обводненого родовища з урахуванням року експлуатації кар'єру.

Визначення довжини транспортування гірничої маси для різних технологій розробки виконується згідно з наступними виразами:

– для технології з використанням земснарядів без застосування ГДК:

$$\sum_{i=1}^n L_{DH} = \sum_{i=1}^n (L_K + L_{Pi}) + \sum_{i=1}^n (L_O + L_{Pi} - D_T), \text{ м}, \quad (3)$$

де L_K – довжина фронту гірничих робіт кар'єру, м; L_P – загальна величина посування фронту гірничих робіт, м; L_O – довжина відвального фронту, м; D_T – безпечна відстань від фронту гірничих робіт до хвостосховища, розташованого у внутрішньому відвалі, м;

– для технології з використанням ГДК без розділення вмісних порід на пісок і глину з формуванням хвостосховища:

$$\sum_{i=1}^n L_{FH} = \sum_{i=1}^n (L_K + L_{Pi}) + L_K + L_O + D_T, \text{ м}, \quad (4)$$

– для комплексної технології розробки розсипних родовищ з використанням ГДК, поділом вмісних порід в кар'єрі без формування хвостосховища:

$$\sum_{i=1}^n L_{MH} = \sum_{i=1}^n (L_K + L_{Pi}) + (L_K + L_{TH}) + L_{HD}, \text{ м}, \quad (5)$$

де L_{TH} – відстань від борту кар'єру до згущувача глини, м; L_{HD} – довжина трубопроводу для переміщення піщаної маси в гідровідвал кар'єру, м.

Результати проведених досліджень дозволили встановити, що за відсутності плавучої збагачувальної фабрики загальна довжина трубопроводів за час експлуатації кар'єру збільшиться у 6 разів з (3 до 18 км). Проте, при її використанні, навіть без розділення вмісних порід на пісок і глину, показник середньозваженої річної довжини трубопроводів за час експлуатації кар'єру зросте в 5,5 рази з 3 до 13,5 км, а при їх розділенні лише в 2,5 рази з 5,1 до 12,5 км (рис. 4).

Для визначення показника об'єму транспортної роботи при комплексній технології розробки обводненого розсипного родовища використовувався наступний вираз:

$$\sum_{i=1}^n W_{MH} = \sum_{i=1}^n V_M (L_K + L_{Pi}) + V_{CL} (L_K + L_{TH}) + V_{SR} L_{HD}, \text{ м}, \quad (6)$$

де V_M – річний об'єм видобутку титан-цирконієвих мінералів, млн м³ / рік; V_{CL} – річний об'єм розробки глини у вмісних породах, млн м³ / рік; V_{SR} – річний об'єм розробки піску у вмісних породах, млн м³ / рік.

Відповідно до результатів виконаних досліджень встановлено, що при застосуванні комплексної технології розробки об'єм річної середньозваженої транспортної роботи буде змінюватися від 2,5 до 3,5 млн м³ · км в залежності від року розробки родовища. При порівнянні цих показників з отриманими раніше результатами (рис. 3) встановлено, що середньозважена величина об'єму транспортної роботи при комплексній технології розробки родовища в 3,7 рази менша, ніж у технології з плавучою збагачувальною фабрикою без розділення вмісних порід і формуванням хвостосховища та в 9,3 разів менша, ніж при технології, де земснаряди використовуються без плавучої фабрики, а корисна копалина у повному об'ємі постачається на стаціонарну збагачувальну фабрику на борту кар'єру (рис. 5).

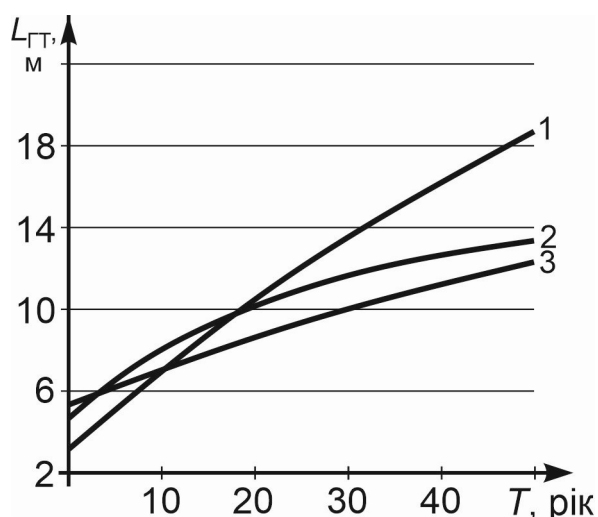


Рис. 4. Залежність загальної довжини системи трубопроводів від року розробки розсипного родовища при: 1 – стаціонарній збагачувальній фабриці на борту кар'єру; 2 – плавучій фабриці без розподілу вмісних порід; 3 – комплексній технології з поділом вмісних порід на глину та піски

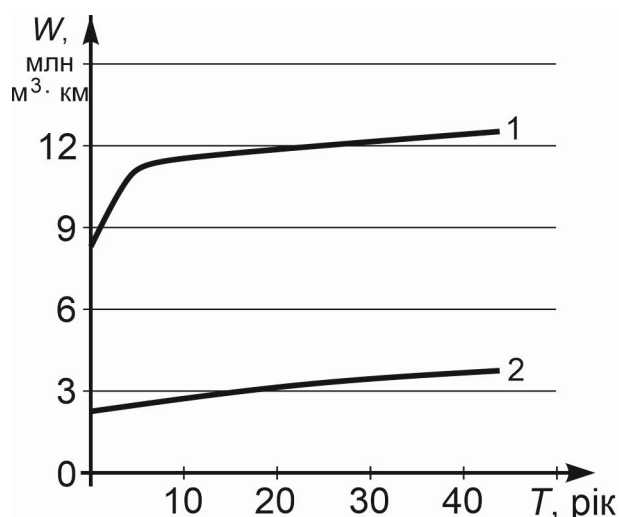


Рис. 5. Зміна об'єму транспортної роботи за роками розробки розсипного родовища на прикладі кар'єру Мотронівського ГЗК з використанням: 1 – ГДК з поділом рудних пісків на важкі мінерали і піщано-глинисту суміш з формуванням хвостосховища; 2 – технології комплексного освоєння

Отримані результати досліджень дозволяють стверджувати, що запропонована комплексна технологія є найбільш ефективною серед інших за показниками річної середньозваженої довжини трубопроводів і об'єму транспортної роботи при відкритій розробці обводнених розсипних родовищ корисних копалин, до того ж її застосування дозволяє здійснювати експлуатацію кар'єру без формування хвостосховища.

Четвертий розділ присвячено вирішенню четвертого завдання досліджень, а саме, встановленню ефективних параметрів технологій відкритої розробки обводнених розсипних родовищ із урахуванням гідровидобутку корисної копалини і складування супутньої сировини у техногенні родовища.

Під час виконання досліджень із ефективності технології комплексного освоєння родовищ за показником відновлення порушених земель визначено залежності площі землі, повернутої новому землекористувачу, від року розробки кар'єру. Отримані результати дозволяють стверджувати, що використання комплексної технології розробки є ефективним протягом усього терміну експлуатації кар'єру за показником площі порушених земель, повернутої новому землекористувачу (рис. 6).

Відповідно до отриманих залежностей показника збільшення площі земель, повернутих новому землекористувачу, ΔS при комплексній технології відпрацювання розсипного родовища від року експлуатації на прикладі Мотронівського ГЗК (рис. 7) встановлено, що найбільша ефективність цієї технології досягається на 17 році розробки кар'єру. В цей період площа відновлених земель, повернутих новому землекористувачу, на 306 га більше ніж при використанні технологій, за якими передбачено формування хвостосховища на поверхні внутрішнього відвалу з вмісних піщано-глинистих порід.

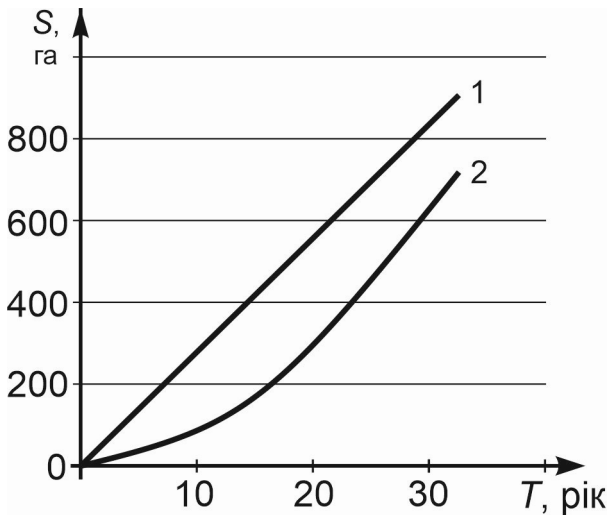


Рис. 6. Залежність площі земель, повернутих з гірничої промисловості новому землекористувачу, від року розробки кар'єру:
1 – технологія з формуванням хвостосховища; 2 – комплексна технологія

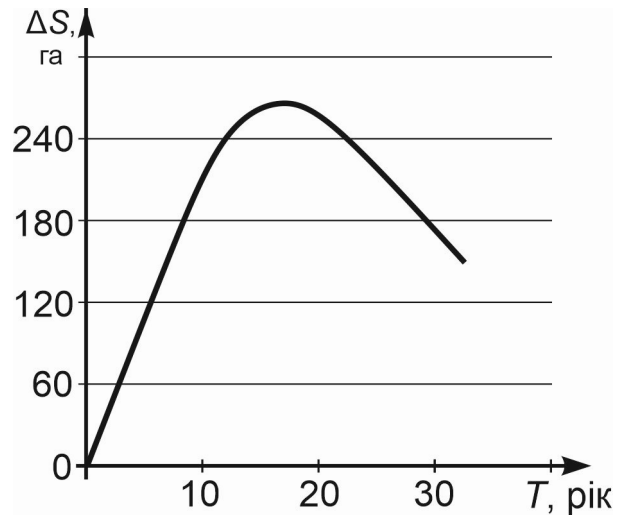


Рис. 7. Залежність показника збільшення площі земель, повернутих новому землекористувачу, ΔS при комплексній технології розробки розсипного родовища від року експлуатації кар'єру

Встановлено, що при технології комплексного освоєння обводненого розсипного родовища на прикладі кар'єру Мотронівського ГЗК розміщення глиняної сировини з вмісних порід об'ємом 22,3 млн м^3 на одній ділянці техногенного родовища (ТР) потужністю $H_{ТР} = 10$ м потребує площі 226 га, у той час розміщення такого самого об'єму сировини на 10 ділянках ТР призведе до зростання сукупної зайнятої площі ними на 5 % і складе 237 га (рис. 8).

Також проведені дослідження дозволили встановити, що зі збільшенням кількості ділянок ТР з однієї до 10 середньозважений об'єм транспортної роботи в кар'єрі зменшується в залежності від потужності техногенного родовища. При потужності ТР 10 м, збільшення кількості ділянок з однієї до 10 призведе до зменшення середньозваженого річного об'єму транспортної роботи з 2,9 до 0,7 млн $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ (рис. 9).

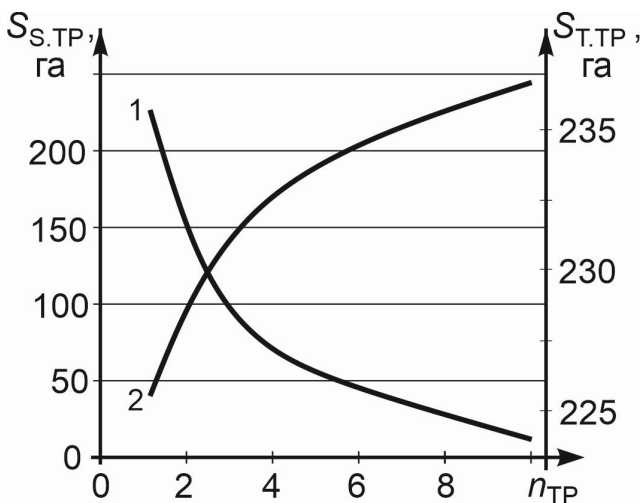


Рис. 8. Залежність площі окремих ділянок ТР і їх спільної площі від кількості ділянок за час експлуатації кар'єру при $H_{ТР} = 10$ м: 1 – площа окремої ділянки; 2 – спільна площа

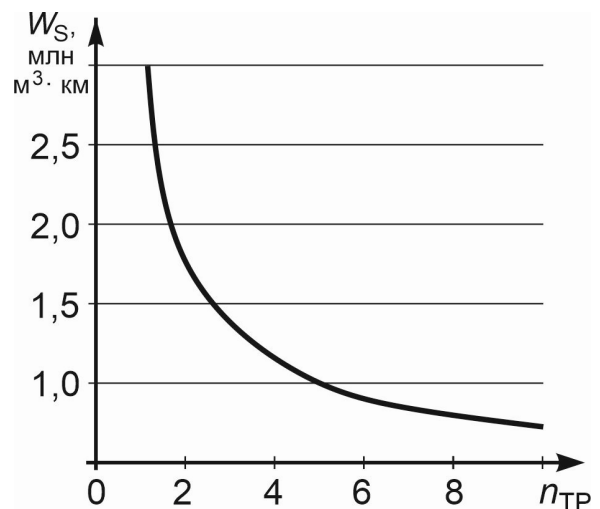


Рис. 9. Залежність середньозваженого об'єму транспортної роботи від кількості ділянок техногенного родовища за час експлуатації кар'єру при $H_{ТР} = 10$ м

Під час досліджень встановлено, що для організації складування глинистої сировини у техногенні родовища, яка видобувається гідромеханізованим способом у верхній ярус внутрішнього відвалу, необхідне обґрунтування вибору місця розташування огорожувальних дамб. Це пояснюється впливом пульпоподібного стану глини на стійкість нижніх відвальних ярусів і укосу борту внутрішнього відвалу в цілому, адже відомо, що розташування пульпоподібної маси на поверхні внутрішнього відвалу можливе за умови безпечної відстані між дамбами ТР і верхньою брівкою внутрішнього відвалу.

Безпечне формування техногенного родовища на поверхні внутрішнього відвалу з порід пульпоподібної глини може початися лише через декілька років, коли фронт кар'єру посунеться на відстань, яка перевищує сумарну довжину наступних показників: довжини ТР, безпечної відстані від ТР до верхньої бровки внутрішнього відвалу і ширини розрізної траншеї по верху. До цього часу складування глини має відбуватися за межами кар'єрного поля. Схему визначення необхідної довжини посування фронту гірничих робіт $L_{Т.ТР}$ для початку формування ділянки ТР на поверхні внутрішнього відвалу наведено на рис. 10, відповідно до виразу (7):

$$L_{Т.ТР} = L_{ТР} + B_D + L_B + B + \frac{H_{ТР}}{\operatorname{tg} \alpha_{ТР}} + \frac{H_K - H_{ТР}}{\operatorname{tg} \beta} + \frac{H_K}{\operatorname{tg} \alpha_P}, \text{ м}, \quad (7)$$

де $L_{ТР}$ – довжина ТР, м; B_D – ширина дамби по верху, м; L_B – безпечна відстань від дамби ТР до верхньої бровки внутрішнього відвалу зі сторони розрізної траншеї, м; B – ширина розрізної траншеї по низу, м; $H_{ТР}$ – потужність техногенного родовища, м; $\alpha_{ТР}$ – кут укосу дамби ТР, град.; H_K – глибина кар'єру, м; β – кут укосу борту внутрішнього відвалу зі сторони розрізної траншеї, град.; α_P – результуючий кут укосу робочого борту кар'єру, град.

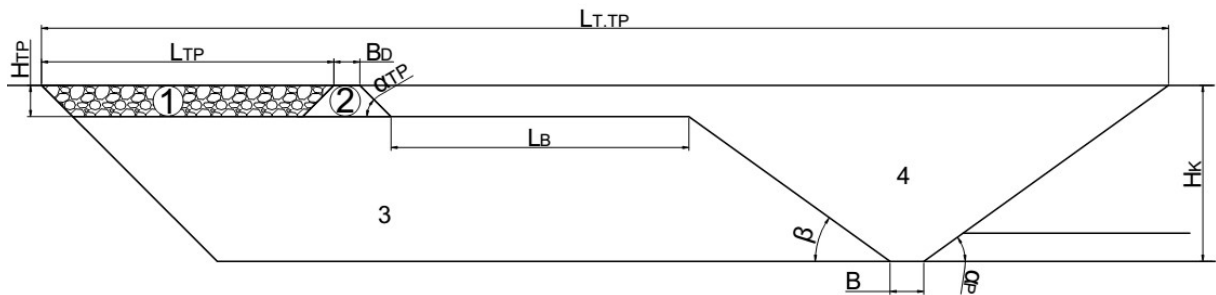


Рис. 10. Схема до визначення терміну початку формування ТР, розташованого на внутрішньому відвалі кар'єру при розробці розсипного родовища: 1 – техногенне родовище; 2 – дамба; 3 – внутрішній відвал; 4 – розрізна траншея

Відповідно до результатів виконаних досліджень, встановлено залежності початку заповнення техногенного родовища на внутрішньому відвалі кар'єру від його параметрів. Вони свідчать, що розділення ТР на 5 секцій дозволяє скоротити термін початку його формування ($T_{S.ТР}$) з 8 до 5 років для потужності $H_{ТР} = 10$ м і з 7 до 5 років при $H_{ТР} = 20$ м, однак це викликає збільшення додаткових робіт зі створення дамб. При збільшенні кількості секцій в ТР з 2 до

5, об'єм робіт з їх спорудження зростає з 0,27 до 1,11 млн м³ при $H_{TP} = 10$ м, і з 0,53 до 2,15 млн м³ при $H_{TP} = 20$ м (рис. 11).

Оскільки довжина ділянок техногенного родовища L_{TP} потужністю 10 м перевищує 600 м, виникає потреба у її поділі на секції. Виконані дослідження дозволили встановити вплив ширини першої секції техногенного родовища $L_{S,TPmin}$ на показники його заповнення. При цьому додатково до встановлення початкового часу формування ТР визначається час очікування між заповненням першої і другої секції $T_{P,TP}$ за умови, що $T_{P,TP} \geq 0$. Використовується запропонована формула:

$$T_{P,TP} = \frac{L_{TP}^2 \cdot n_{TP} - L_{F,G} \cdot L_{S,TPmin} \cdot T_K}{L_{TP} \cdot n_{TP} \cdot L_{F,G}}, \text{ років}, \quad (8)$$

де L_{TP} – довжина ділянки ТР, м; n_{TP} – кількість ділянок ТР на родовищі; L_{FG} – річне посування фронту гірничих робіт, м/рік; $L_{S,TPmin}$ – мінімальна ширина секції ТР, необхідна для безперервного складування супутньої сировини, м; T_K – термін експлуатації кар'єру, рік.

Виконані дослідження дозволили визначити, що найбільш ефективним для складування глини у верхньому ярусі внутрішнього відвалу є двосекційне техногенне родовище з різною шириною секцій. При цьому за рахунок зменшення ширини першої секції, початок роботи ТР може прискорюватися, однак занадто мала ширина секції призведе до простоїв під час переходу від формування першої до другої секції. Розроблена методика визначення ефективної ширини першої секції ТР дозволяє встановити ширину, за якої час простоїв при формуванні ТР скорочується з 7 до 5,8 років (рис. 12). Також встановлено, що при ширині першої секції $L_{S,TP} = 240$ м за умов безпечного розташування ТР у внутрішньому відвалі відносно розрізної траншеї відсутня необхідність розміщувати глиняну сировину V_C за межами техногенного родовища, у той час як при іншій ширині секції цей об'єм може змінюватися від 0,1 до 0,5 млн м³.

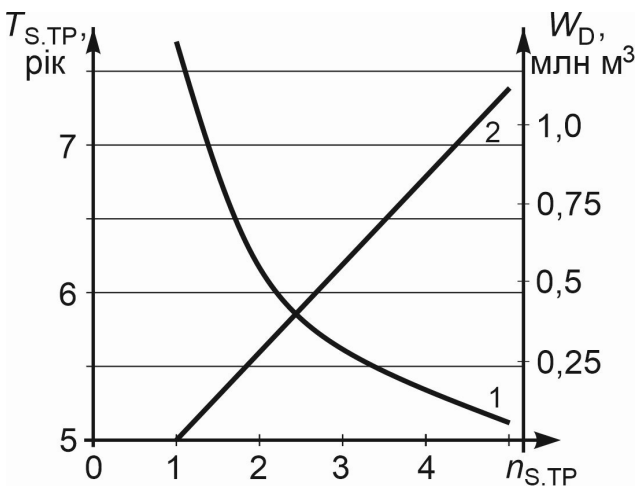


Рис. 11. Вплив кількості секції ТР на початок формування ТР глини і об'єм робіт зі спорудження дамб при $H_{TP} = 10$ м: 1 – термін початку формування ТР; 2 – об'єм додаткових робіт зі спорудження дамб

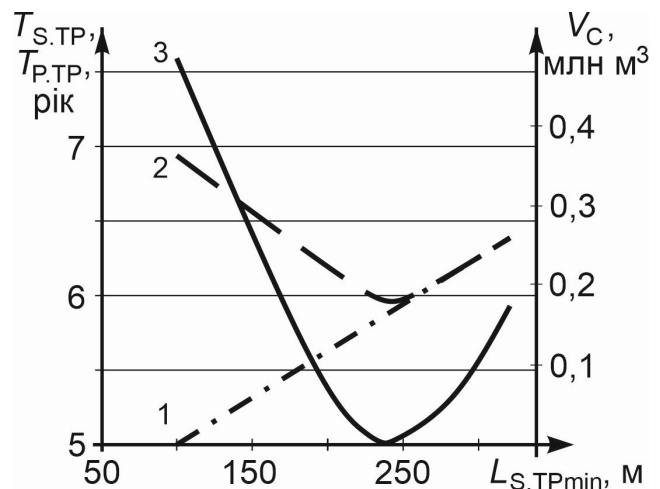


Рис. 12. Вплив ширини першої секції техногенного родовища на параметри його роботи при $H_{TP} = 10$ м: 1 – термін початку формування ТР; 2 – час простоїв ТР; 3 – об'єм глини, розміщений за межами ТР

Досліджено закономірності зміни параметрів техногенного родовища, яке суцільно формується у боковій частині внутрішнього відвалу його ширини. Це дозволило встановити ефективну довжину секцій суцільного техногенного родовища з урахуванням об'єму робіт зі спорудження огорожувальних дамб між секціями. Для вирішення цієї задачі виконані дослідження зі встановлення впливу довжини секцій техногенного родовища на решту його параметрів.

Обґрунтовано параметри суцільного техногенного родовища у боковій частині внутрішнього відвалу при експлуатації типового кар'єру з розробки титан-цирконієвих родовищ. При потужності $TP = 20$ м його ширина складе 160 м, довжина секцій – 500 м, а площа, яку необхідно виділити для розміщення супутньої сировини становитиме 63 га (рис. 13). Для розташування загального об'єму супутніх корисних копалин у TP потужністю 10 м необхідно задіяти площу, що дорівнює 114 га, при цьому загальний об'єм робіт зі спорудження дамб складе 3,06 млн m^3 (рис. 14), що у 2,2 рази менше, ніж при його потужності 20 м.

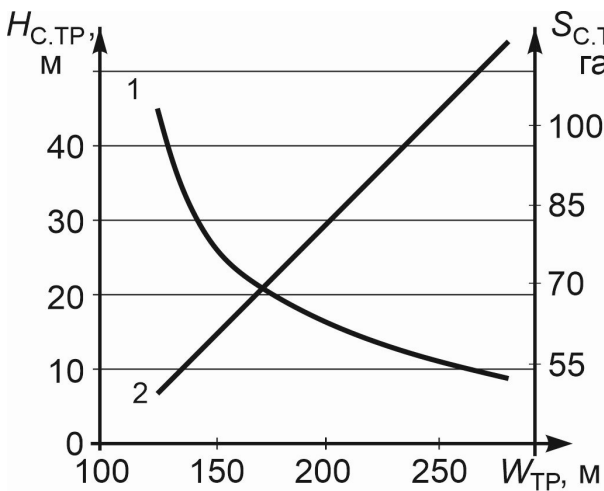


Рис. 13. Залежність потужності і площі суцільного техногенного родовища у боковій частині кар'єру від його ширини, $H_{TP} = 10$ м:
1 – потужність TP ; 2 – площа TP

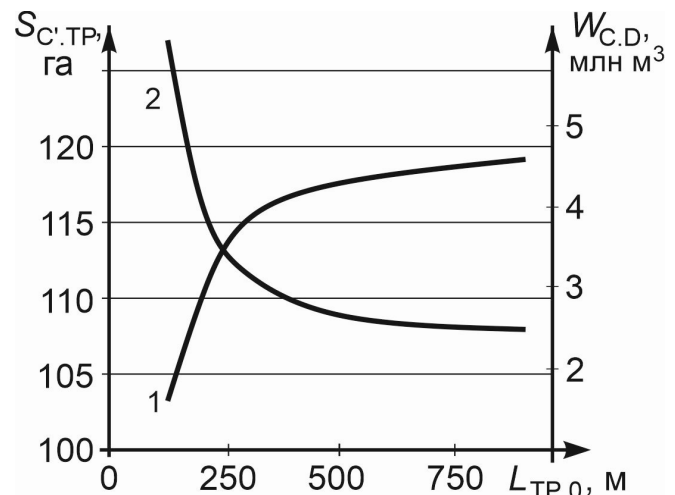


Рис. 14. Вплив довжини секції TP на його площу і об'єм зі спорудження дамб суцільного техногенного родовища, $H_{TP} = 10$ м: 1 – площа TP ; 2 – об'єм робіт зі спорудження дамб

П'ятий розділ присвячений вирішенню п'ятого і шостого завдання досліджень, які полягають у розробці рекомендацій з оцінки інвестиційної привабливості технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ, а також апробації методики багатофакторної оцінки ефективності технологій комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ на основі економічних, технологічних й природоохоронних показників відкритої розробки.

Під час проведення досліджень проаналізовано техніко-економічні показники п'яти можливих технологій розробки обводненого розсипного родовища з умовними позначеннями: 1. «Драглайн» – розробка видобувного уступу виконується драглайном з розмивом корисної копалини в кар'єрі та транспортуванням її на стаціонарну збагачувальну фабрику; 2. «Земснаряд» – видобувний уступ розробляється земснарядами з транспортуванням корисної копалини гідротранспортом на стаціонарну збагачувальну фабрику; 3. «ГДК» –

розробка рудного пласта здійснюється земснарядами, при цьому в технологічний цикл долучається плавучий гідромеханізований добувний комплекс для поділу рудного піску на чорновий концентрат і вмісні породи, представлені піщано-глинистою сумішшю; 4. «Комплексна» – рудний пласт розробляється земснарядами в складі ГДК, при цьому виконується поділ корисних копалин на три види гірничої маси: чорновий концентрат, пісок і глину, що дозволяє відмовитися від формування хвостосховища; 5. «Стіна в ґрунті» – технологія за параметрами схожа на «Драглайн», відмінність полягає у використанні водотривких стін по периметру кар'єру для осушення гірського масиву.

Відповідно до виконаних досліджень встановлено, що за показником капітальних витрат найбільш ефективною є технологія «Земснаряд» з інвестиціями в 119,0 млн у.о., у той самий час найгірші показники спостерігаються щодо технології «Драглайн» (142,4 млн у.о.). Річні експлуатаційні витрати є найменшими при застосуванні технології комплексної розробки – 28,3 млн у.о., в той самий час найменш ефективною є технологія «Драглайн» з показником 33,4 млн у.о.

Визначено, що в перші 10 років розробки кар'єру без урахування комплексного використання супутньої сировини найбільш ефективною для інвестування є технологія «Земснаряд». При цьому термін окупності інвестицій складає 5 років (рис. 15), а чиста приведена вартість проекту (NPV) – 114,58 млн у.о. Найгірші показники за цим параметром має технологія «Драглайн», при якій термін окупності становить 6 років, а чиста приведена вартість проекту – 80,65 млн у.о.

Досліджено вплив фактора комплексного використання супутніх корисних копалин на роботу гірничодобувного підприємства при оцінці інвестиційної привабливості. Виявлено, що при збільшенні частки комплексного використання супутньої сировини від 0 до 15 %, чиста приведена вартість проекту збільшується від 37 до 50 млн у.о. на рік, що становить 32 – 45 % від загальних доходів гірничодобувного підприємства в залежності від технології розробки.

Визначено, що за показником інвестиційної привабливості технологія «Комплексна» є найбільш ефективною у порівнянні з іншими в разі залучення в розробку від 4 % супутньої сировини. За показником терміну окупності інвестицій в розробку родовища найшвидше окупиться технологія «Земснаряд», однак при залученні частки супутньої сировини від 13,2 % вона також поступається технології «Комплексна» (рис. 16).

Досліджено вплив технології «Комплексна» на показники землекористування під час розробки кар'єру. Встановлено, що її застосування дозволяє скоротити площу порушених земель при розміщенні зовнішнього хвостосховища на 72 га, тим самим зменшити щорічні витрати на оренду цієї ділянки землі на 1,8 млн грн. Також визначено вплив використання технології «Комплексна» на можливість передачі порушених земель внутрішнього відвалу новому землевласнику до закінчення гірничих робіт, за рахунок чого досягається зниження річних витрат на оренду землі на 0,8 – 5,5 млн грн

залежно від року розробки родовища у порівнянні з іншими технологіями, за якими передбачено формування хвостосховища (рис. 17).

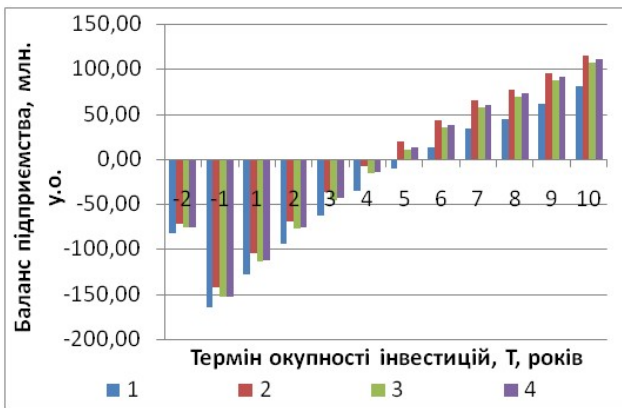


Рис. 15. Термін окупності інвестицій у розробку кар'єру за показником NPV (на прикладі Мотронівського ГЗК) за технологією:

- 1 – «Драглайн»; 2 – «Земснаряд»;
3 – «ГДК»; 4 – «Комплексна»

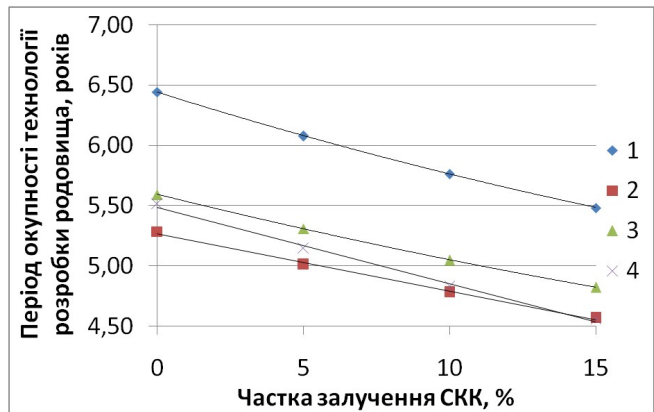


Рис. 16. Вплив частки залучення супутніх корисних копалин на період окупності інвестицій за технологією:

- 1 – «Драглайн»; 2 – «Земснаряд»;
3 – «ГДК»; 4 – «Комплексна»

Встановлено, що технологія «Комплексна» за показником чистої приведеної вартості проекту з 1-го по 10-й рік розробки кар'єру менш ефективна, ніж технологія «Земснаряд», однак з 11-го по 20-й рік цей показник вище на 7,6 млн у.о., ніж у технології «Земснаряд» за рахунок відсутності у цей період капітальних витрат на придбання нового ГДК, а також зростання додаткового прибутку від передачі порушених земель новому землевласнику (рис. 18).

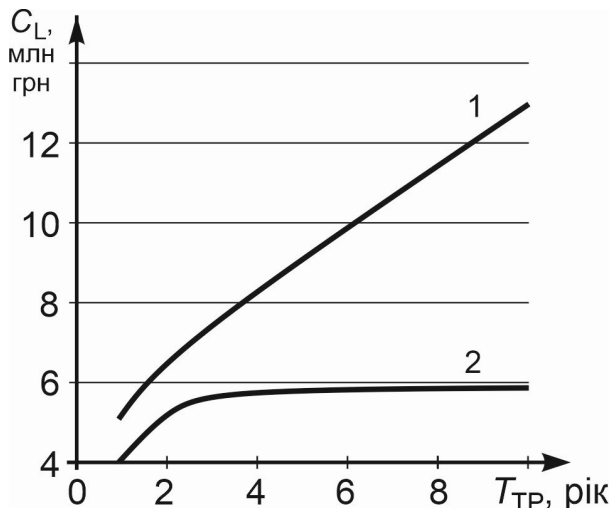


Рис. 17. Залежність вартості орендної плати від року розробки кар'єру з урахуванням доходу від суборенди (на прикладі Мотронівського ГЗК) за технологією: 1 – «Земснаряд»; 2 – «Комплексна»

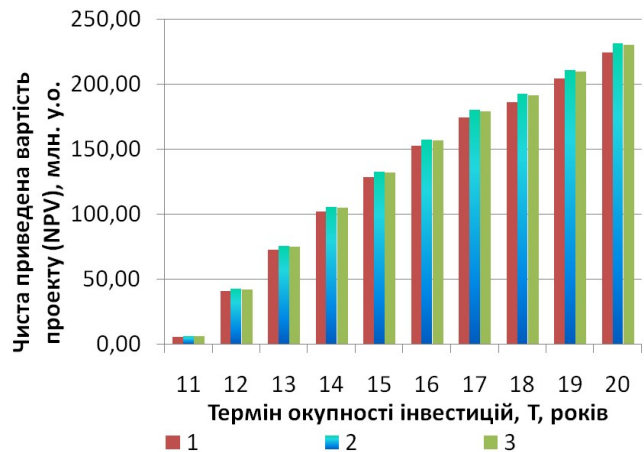


Рис. 18. Залежність чистої приведеної вартості проекту розробки з урахуванням передачі земель новому землевласнику від року розробки родовища за технологією: 1 – «Земснаряд»; 2 – «Комплексна»; 3 – «Комплексна» без передачі земель новому землевласнику

Визначені показники економічних, технологічних і природоохоронних факторів дозволили виконати апробацію розробленої методики багатофакторної оцінки технології комплексного освоєння розсіпних родовищ.

Встановлено, що найбільш економічно ефективною є технологія «Земснаряд» без урахування залучення у розробку супутньої сировини, однак використання методики багатофакторної оцінки з урахуванням 16 критеріїв показали, що найбільш ефективною є технологія «Комплексна» з оцінкою 9,06 балів. Після неї за ефективністю розташувалися технології «ГДК», «Земснаряд», «Стіна у ґрунті» і «Драглайн» з оцінками 8,24; 8,19; 6,64 й 6,60 балів відповідно.

Виконані дослідження дозволяють рекомендувати до застосування технологію комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ з використанням ГДК і розподілом в кар'єрі вмісних порід як найбільш ефективну, при цьому інші технології також можуть розглядатися і надалі як альтернативи за умови підвищення ефективності показників комплексного освоєння мінеральної сировини і природоохоронних критеріїв.

Отримані результати досліджень впроваджені в роботу проектного інституту ДП «Інститут «УкрНДІпроект» для використання при оцінці робочих проектів розробки нових родовищ корисних копалин України та у діяльність Мотронівського ГЗК для визначення параметрів техногенних родовищ у внутрішньому відвалі кар'єру при складуванні супутньої сировини із вмісних порід.

ВИСНОВКИ

У дисертації, яка є завершеною науково-дослідною роботою, поставлена і вирішена актуальна **наукова проблема**, яка полягала в обґрунтуванні методологічних підходів до комплексного освоєння мінеральної сировини і встановленні залежностей між елементами гірничотехнічних систем при розробці нових технологій відкритої розробки обводнених розсипних родовищ, що забезпечує підвищення ефективності комплексного освоєння супутньої сировини за рахунок залучення вмісних порід корисних копалин, зниження об'ємів транспортних робіт в кар'єрі при видобувних роботах, зменшення площ земель під розташування хвостосховищ, що у сукупності дозволяє суттєво підвищити ефективність розробки обводнених розсипних родовищ.

Найбільш важливі наукові та практичні результати, висновки і рекомендації.

1. Аналіз актуального стану розробки обводнених розсипних родовищ дозволив встановити, що розробка титан-цирконієвих родовищ супроводжується утворенням великих об'ємів відходів виробництва, пов'язаних з низьким рівнем комплексного освоєння, великими об'ємами транспортної роботи, порушенням значних площ землі через розташування хвостосховищ.

2. Розроблено методику багатофакторної оцінки технологій розробки обводнених розсипних родовищ, яка дозволяє зробити вибір оптимальної технології освоєння родовищ з урахуванням 16 критеріїв, що враховують технологічні, економічні та природоохоронні показники відкритої розробки.

3. Розроблено технологію комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ, яка дозволяє знизити об'єми транспортних робіт в кар'єрі при

видобувних роботах, зменшити площі земель під розташування хвостосховищ, підвищити ефективність комплексного освоєння супутньої сировини за рахунок залучення вмісних порід корисних копалин.

4. Вперше встановлено, що впровадження гідромеханізованого видобувного комплексу в роботу кар'єру зумовить зменшення загальної довжини трубопроводів в 1,44 рази за час розробки родовища у порівнянні з існуючою технологією гідромеханізованого видобутку.

5. Розроблено методику визначення об'єму транспортної роботи, яка дозволила визначити, що середньозважена величина об'єму транспортної роботи при комплексній технології розробки родовища в 9,3 разів менша, ніж за існуючої технології.

6. Встановлено залежності параметрів потенційних техногенних родовищ на поверхні внутрішнього відвалу від кількості їх ділянок і потужності, які дозволяють встановити, що при розміщенні всієї сировини на 3 ділянках середньозважений об'єм транспортної роботи зменшиться у 2 рази, при збільшенні площі потенційного техногенного родовища – від 1 до 4 %.

7. Встановлено вплив параметрів секцій потенційних техногенних родовищ на ефективність їх роботи, що дозволяє визначити найбільшу ефективність двосекційного родовища з різною шириною секцій, за рахунок змінення яких час простоїв скорочується з 7 до 5,8 років, а об'єм сировини, яку необхідно розташовуються за межами кар'єру, зменшується на 0,1–0,5 млн м³.

8. Визначено вплив параметрів потенційного техногенного родовища у боковій частині внутрішнього відвалу на об'єм робіт зі спорудження захисних дамб, який дозволив встановити, що найбільш ефективним є складування глини з потужністю шару 10 м, при цьому загальний об'єм робіт зі спорудження захисних дамб зменшується у 2,2 рази у порівнянні зі складуванням глини шаром потужністю 20 м.

9. Встановлено вплив комплексного освоєння супутніх корисних копалин на інвестиційну привабливість технологій, який дозволив визначити, що чиста приведена вартість проекту за комплексною технологією є максимальною серед інших технологій в разі залучення в розробку від 4 % супутньої сировини, а за показником терміну окупності інвестицій – при залученні частки супутньої сировини до 13,2%.

10. Визначено вплив суборенди відновлених земель внутрішнього відвалу на інвестиційну привабливість технології комплексного освоєння обводнених розсіпних родовищ, який дозволяє встановити, що показник чистої приведеної вартості проекту технології «Комплексна» є найбільшим серед інших технологій, починаючи з 11-го року розробки родовища.

11. Апробація розробленої методики багатofакторної оцінки технологій комплексного освоєння розсіпних родовищ дозволила обрати технологію з урахуванням 16 критеріїв, відповідно до якої найбільш ефективною є технологія «Комплексна» з оцінкою 9,06, далі перебувають «ГДК» – 8,24, «Земснаряд» – 8,19, «Стіна у ґрунті» – 6,64, «Драглайн» – 6,60 балів.

13. Запропоновані рекомендації щодо обґрунтування параметрів потенційних техногенних родовищ у внутрішньому відвалі кар'єру під час

складування глини із вмісних порід при комплексному освоєнні обводнених розсіпних родовищ на кар'єрі Мотронівського ГЗК, які дозволяють встановлювати ефективні параметри багатосекційних потенційних техногенних родовищ.

Основні положення та результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Тенденції розвитку природоохоронних технологій відкритої розробки корисних копалин: монографія / Г.Г. Півняк, Б.Ю. Собко, К. Дребенштедт, О.В. Ложніков; М-во освіти і науки України, Нац. техн. у-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 387 с.

2. Gumenik I. Current condition of damaged lands by surface mining in Ukraine and its influence on environment / I. Gumenik, O. Lozhnikov // *New developments in mining engineering // Theoretical and practical solution of mineral resources mining.* – Taylor& Francis Group, London, UK, 2015. – P. 139-145.

3. Sobko B.Y. Substantiation of rational mining method at the Motronovsky titanium-zirconium ore deposit exploration / B.Y. Sobko, O.M. Laznikov, A.M. Haidin, O.V. Lozhnikov // *Науковий вісник Національного гірничого університету.* – Д., 2016. – №6 (156). – С. 41-49.

4. Sobko B. Determination of cut-off wall cost efficiency at Motronivskyi pit mining / B. Sobko, O. Lozhnikov // *Науковий вісник Національного гірничого університету.* – Д., 2018. – №3.–P. 44-49.

5. Sobko B.Yu. The belt conveyor effectiveness at the rock haulage under flooded pit excavations / B.Yu. Sobko, O.V. Denyschenko, O.V. Lozhnikov, V.A. Kardash // *Науковий вісник Національного гірничого університету.* – Д., 2018. – №6.–P. 26-32.

6. Sobko B. Method for calculating the groundwater inflow into pit when mining the placer deposits by dredger / B. Sobko, A. Haidin, O. Lozhnikov, J. Jarosz // *In E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. Vol. 123. p. 10–25.*

7. Sobko B. Selection of environmentally safe open-pit technology for mining water-bearing deposits / B. Sobko, C. Drebenstedt, O. Lozhnikov // *Mining of Mineral Deposits, 2017. – №11. – P. 70-75.*

8. Sobko B. Investigation of the influence of flooded bench hydraulic mining parameters on sludge pond formation in the pit residual space / B. Sobko, C. Drebenstedt, O. Lozhnikov // *E3S Web of Conferences 168. 00037. RMGET, 2020. P. 1-12.*

9. Собко Б.Ю. Дослідження та обґрунтування раціональних параметрів видобувного підводного уступу при використанні земснарядів / Б.Ю. Собко, О.М. Лазніков, О.В. Ложніков // *Збірник наукових праць НГУ, 2017. – № 50. – С. 116-125.*

10. Собко Б.Ю. Встановлення параметрів гірничотранспортного комплексу кар'єру при розробці обводнених родовищ з використанням земснарядів / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // *Вісник Кременчуцького державного*

політехнічного університету ім. М. Остроградського: Наукові праці КДПУ ім. М. Остроградського, 2018. – №6(113). – С. 51-58.

11. Собко Б.Ю. Дослідження параметрів транспортної системи відкритої розробки обводнених розсіпних родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ, 2018. – № 56. – С. 82-93.

12. Собко Б.Ю. Встановлення ефективної ширини заходки драглайну при відпрацюванні надрудного уступу з водопонижуючими свердловинами / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Геотехнічна механіка ІГТМ. – Дніпро, 2018. – №139. – С. 145-156.

13. Собко Б.Ю. Встановлення параметрів розробки обводненого кар'єру при застосуванні плавучої збагачувальної фабрики / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ, 2019. – № 57. – С. 55-63.

14. Собко Б.Ю. Визначення ефективності технології розробки обводнених розсіпних руд з розділенням порід на плавучій збагачувальній фабриці / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва, 2019. – № 23. – С. 75-84.

15. Собко Б.Ю. Вплив фактору використання порушених земель на інвестиційну оцінку технологічних схем розробки титан-цирконієвих родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ, 2019. – № 58. – С. 8-21.

16. Собко Б.Ю. Оцінка інвестиційної привабливості комплексного освоєння обводнених титан-цирконієвих родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського: Наукові праці КДПУ ім. М. Остроградського, 2019. – №4(117). – С. 106-114.

17. Собко Б.Ю. Оцінка інвестиційної привабливості технологічних схем розробки обводнених титан-цирконієвих родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Технічна інженерія: Державний університет Житомирська Політехніка, 2019. – №2(84). – С. 156-165.

18. Собко Б.Ю. Дослідження впливу параметрів хвостосховища у внутрішньому відвалі кар'єру на показники площі відновлення порушених земель / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ, 2019. – № 59. – С. 8-20.

19. Собко Б.Ю. Встановлення ефективних параметрів тимчасового складу рудних пісків / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва, 2019. – № 24. – С. 54-64.

20. Ложніков О.В. Сучасні проблеми освоєння титан-цирконієвих родовищ України / О.В. Ложніков // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського: Наукові праці КДПУ ім. М. Остроградського, 2020. – №1(120). – С. 120-126.

21. Ложніков О.В. Методологічні основи оцінки ресурсозберігаючих технологічних схем відпрацювання обводнених титан-цирконієвих родовищ / О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ, 2020. – № 60. – С. 69-81.

22. Ложніков О.В. Апробація комплексної методики оцінки ресурсозберігаючих технологічних схем розробки титан-цирконієвих родовищ /

О.В. Ложніков // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського: Наукові праці КДПУ ім. М. Остроградського, 2020. – №2(121). – С. 97-104.

23. Собко Б.Ю. Встановлення факторів впливу на вибір технологічної схеми розробки обводнених титан-цирконієвих родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ, 2020. – № 61. – С. 7-17.

24. Ложніков О.В. Обґрунтування параметрів техногенного родовища у внутрішньому відвалі кар'єру при розробці розсипних родовищ / О.В. Ложніков, Р.О. Дичковський // Збірник наукових праць НГУ, 2020. – № 62. – С. 39-53.

25. Ложніков О.В. Встановлення параметрів багатосекційного складу глин у внутрішньому відвалі кар'єру при комплексній розробці розсипних родовищ / О.В. Ложніков, Р.О. Дичковський // Геотехнічна механіка ІГТМ. – Дніпро, 2020. – №152. – С. 263-274.

26. Собко Б.Ю. Визначення параметрів суцільного техногенного родовища глин у внутрішньому відвалі кар'єру / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков, Р.О. Дичковський // Збірник наукових праць НГУ, 2020. – № 63. – С. 7-16.

27. Sobko B.Yu. Substantiation parameters of the mining systems elements at the development Motronovsky titan-zirconium deposit / B.Yu. Sobko, O.M. Laznikov, O.V. Lozhnikov // Scientific reports on resource issues 2016, vol. 1 // TU Bergakademie Freiberg, International University of Resources, 2016. – P. 227-234.

28. Патент України № 122016, МПК 2020.01 E21C 41/26 (30) (50/00). Спосіб розробки обводнених титанових родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков, О.М. Лазніков, В.А. Кардаш (Україна). – № a2020 10033; заявл. 10.09.19; опубл. 25.08.2020, Бюл. №16. – 4с.

29. Гуменик И.Л. Развитие концепции экологически ориентированной технологии открытых горных работ / И.Л. Гуменик, А.И. Панасенко, А.В. Ложников // Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение: Сборник трудов Международной научно-практической конференции: Алматы: КазНТУ, 2014. – С. 168-172.

30. Собко Б.Ю. Обґрунтування раціональних технологічних схем розробки видобувних уступів на обводнених родовищах титану / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков, А.М. Гайдін, О.М. Лазніков // Форум гірників 2016. Матеріали міжнародної конференції. – Д.: Національний гірничий університет, 2016. – С. 21-26.

31. Собко Б.Е. Установление зависимости годовой производительности гидравлического экскаватора от ширины заходки при разработке россыпных месторождений / Б.Е. Собко, А.В. Ложников // Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК: Труды Сатпаевских чтений. Казахстан, 2019. – С. 667-671.

32. Собко Б.Е. Обоснование параметров рабочего борта карьера при разработке обводненного титано-циркониевого месторождения с

использованием водопонижающих скважин / Б.Е. Собко, А.В. Ложников // Труды Сатпаевских чтений. Казахстан, 2020. – С. 399-403.

33. Ложніков О.В. Встановлення параметрів роботи драглайнів при розробці обводнених розсипних родовищ / О.В. Ложніков, І.В. Назаров // Тези VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». – Житомир, 16–17 квітня, 2020. – С. 51-54.

Особистий внесок автора в роботи, які написані у співавторстві:

[1] – аналіз сучасного стану і напрямів розвитку природоохоронних технологій відкритої розробки родовищ; [2, 3] – розробка технологічних рішень, проведення розрахунків; [4, 5] – проведення розрахунків і встановлення основних ознак, відмінних від існуючих технологій; [6, 7] – ідея роботи, проведення розрахунків, висновки; [8 – 19] – розрахунок параметрів, дослідження результатів, розробка рекомендацій; [23] – аналіз факторів впливу на вибір технології; [24 – 26] – обґрунтування параметрів техногенних родовищ; [27] – розробка технології, проведення розрахунків, аналіз результатів; [28] – розробка способу освоєння обводнених розсипних родовищ; [29 – 33] – обґрунтування раціональних технологій розробки розсипних родовищ, аналіз результатів досліджень, розробка рекомендацій.

АНОТАЦІЯ

Ложніков О.В. Технологічні основи комплексного освоєння мінеральної сировини при розробці обводнених розсипних родовищ. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин. – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Дніпро, 2021.

Дисертація присвячена обґрунтуванню методологічних підходів до комплексного освоєння мінеральної сировини при відкритій розробці обводнених розсипних родовищ і встановленні залежностей між елементами гірничотехнічних систем при розробці нових технологій з урахуванням економічних, технологічних й природоохоронних факторів.

У дисертації виконані дослідження зі встановлення закономірностей впливу технології комплексного освоєння мінеральної сировини розсипного родовища на показники транспортної роботи кар'єру, параметри користування порушеними землями, формування потенційних техногенних родовищ з супутньої сировини вмісних порід корисних копалин. Результати отриманих досліджень дозволили обґрунтувати ефективність запропонованої технології комплексного освоєння обводнених розсипних родовищ.

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, комплексне використання, розсипні родовища, гідромеханізований видобувний комплекс, супутня сировина, потенційне техногенне родовище.

АННОТАЦИЯ

Ложников А.В. Технологические основы комплексного освоения минерального сырья при разработке обводненных россыпных месторождений. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.03 – открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – НТУ «Днепровская политехника», Министерство образования и науки Украины, Днепро, 2021.

Диссертация посвящена обоснованию методологических подходов к комплексному освоению минерального сырья при открытой разработке обводненных россыпных месторождений и установлению зависимостей между элементами горнотехнических систем при разработке новых технологий с учетом экономических, технологических и природоохранных факторов.

В диссертационной работе выполнены теоретические исследования по установлению зависимости общей длины трубопроводов в карьере от срока его эксплуатации при использовании различных технологий, которые позволяют установить, что при транспортировании всего объема полезного ископаемого на обогатительную фабрику без разделения вмещающих пород длина трубопроводов за время эксплуатации карьера увеличивается с 3 до 13,5 км, в

то время как при распределении вмещающих пород на глину и песок в карьере с помощью гидромеханизированного добычного комплекса длина трубопроводов возрастет с 5,1 до 12,5 км за время эксплуатации карьера.

Установленные зависимости показателя средневзвешенного объема транспортной работы от года разработки карьера при использовании различных технологий разработки россыпного месторождения, позволили подтвердить, что комплексная технология с разделением вмещающих пород в карьере в 3,7 раза превосходит технологию без их разделения в карьере и в 9,3 раза превосходит технологию, по которой рудные пески в полном объеме транспортируются на стационарную обогатительную фабрику.

Выявленные зависимости площадей внутреннего отвала для размещения хвостов обогащения от года разработки карьера при использовании различных технологий позволили установить, что наибольшая эффективность комплексной технологии с разделением вмещающих пород в карьере достигается на 17-м году его разработки. Это объясняется тем, что в данный период площадь земель внутреннего отвала, которая будет восстановлена и передана новому землевладельцу, на 306 га больше чем при формировании хвостохранилищ.

Определено влияние доли использования попутного сырья обводненного россыпного месторождения на инвестиционную привлекательность проекта разработки, которое позволяет утверждать, что комплексная технология разработки с разделением вмещающих пород на песок и глину в карьере будет наиболее эффективной среди рассмотренных технологий при условии вовлечения в использование от 4 % попутного сырья.

Разработана технология комплексного освоения россыпных месторождений, которая предусматривает применение гидромеханизированного добычного комплекса для разделения полезного ископаемого в карьере на тяжелые минералы, песчаные и глинистые породы, что позволяет существенно уменьшить объем транспортной работы предприятия и отказаться от формирования хвостохранилищ, а песчаные и глинистые породы использовать как попутное сырье или складировать их в потенциальные техногенные месторождения.

Основные результаты исследований опубликованы в 33 печатных работах, 18 статьях в специализированных журналах, утвержденных ВАК Украины, 7 статьях в изданиях с высоким индексом цитирования, 1 монографии в соавторстве, прошли апробацию на 5 международных конференциях, подтверждены 1 патентом на изобретение.

Результаты исследований по обоснованию параметров потенциальных техногенных месторождений во внутреннем отвале карьера при складировании глин из вмещающих пород при комплексном освоении обводненных месторождений внедрены в работу Мотроновского ГОКа. Методики оценки технологии отработки россыпных месторождений и инвестиционной привлекательности освоения месторождений с учетом вовлечения в разработку попутных полезных ископаемых внедрены в работу проектного института ГП «Институт«УкрНИИпроект» для использования при оценке рабочих проектов разработки новых месторождений полезных ископаемых Украины.

Ключевые слова: открытые горные работы, комплексное освоение, россыпные месторождения, гидромеханизированный добычный комплекс, попутное сырье, потенциальное техногенное месторождение.

ABSTRACT

O.V. Lozhnikov. Technological bases of the mineral raw materials complex use at the flooded placer deposits mining. – Manuscript.

The thesis for a scientific degree of the Doctor in Technical Sciences in specialty 05.15.03 – Surface mining. – Dnipro University of Technology, Dnipro, 2021.

The thesis is devoted to a substantiation of methodological approaches to complex development of mineral raw materials at the flooded placer deposits surface mining and establishment of dependences between elements of mining systems at the development of new technologies taking into account economic, technological and environmental factors.

Researches on establishment of influence the technology of mineral raw materials complex use on indicators of pit haulage work, parameters of disturbed pit lands use, formation of man-caused deposits from accompany raw materials of containing minerals are carried out. For the first time, the dependences of the man-caused deposits parameters on their location in the inner pit dump have been established. The influence of the accompany raw materials share on the investment attractiveness of the placer deposit development is determined. The results of the obtained researches allowed to substantiate the efficiency of the proposed complex mining technology of the flooded placer deposits.

Key words: surface mining, complex use, placer deposits, hydromechanized mining complex, accompany minerals, potential man-caused deposit.

ЛОЖНИКОВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЄННЯ
МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ПРИ РОЗРОБЦІ ОБВОДНЕНИХ
РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ**

(Автореферат)

Підписано до друку 26.02.21. Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,6.
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 120 прим. Зам. №

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19