

УДК 502.53

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.17>

ПЕРСПЕКТИВИ РЕКРЕАЦІЙНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ, ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК ВИДОБУТКУ ІЛЬМЕНІТУ

Давидова І.В., Шомко О.М.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
div@gmail.com, olya.shomko@gmail.com

Порушення земної поверхні внаслідок проведення видобування корисних копалин є важливим питанням сьогодення. Потреба у раціональному природокористуванні та необхідності збереженні природи для майбутніх поколінь обумовлюють необхідність розробки проектів рекультивациі відпрацьованих родовищ ще на стадії проектування виробництва та реалізації цих проектів після її завершення. Вибір способу та методів рекультивациі порушених територій значною мірою обумовлений видом корисної копалини, способом її видобутку, особливостями кліматичних та ґрунтових умов регіону. У статті проаналізовано проблеми та перспективи проведення рекультивацийних робіт на територіях порушених внаслідок видобутку ільменіту на Житомирському Поліссі. Авторами окреслено основні види порушень земної поверхні, які виникають на різних етапах проведення підготовчих та видобувних робіт. Охарактеризовано способи та методи проведення рекультивациі гірничих територій, які застосовуються на Житомирському Поліссі. Визначено особливості впливу на ґрунти та водні об'єкти видобутку ільменітової руди Іршанського родовища. З врахуванням специфічних умов, що сформувалися на територіях Житомирського Полісся внаслідок видобутку титанової руди, авторами рекомендовано проведення на цих територіях рекреаційної рекультивациі та створення паркових комплексів, що поєднують деревно-чагарникові види рослин, зелені території у вигляді газонів та клумб та штучні водойми. Обводнення водойм може здійснюватися природним шляхом, внаслідок заповнення кар'єрних виїмок підземними водами та атмосферними опадами. Для відновлення лісорослинного потенціалу рекультивованих територій доцільно застосовувати меліораційні заходи: проводити внесення мінеральних та органічних добрив, насадження азотфіксуючих рослин, додавання біоچارу до ґрунтового-родючого шару на стадії виположування територій. *Ключові слова:* ільменіт, рекультивациія, лісо рослинний потенціал ґрунту.

Prospects of recreation reconstruction of lands disturbed as a result of ilmenite mining. Davydova I., Shomko O.

The disturbance of the earth's surface due to the extraction of minerals is a significant issue today. The need for rational land use and the necessity of preserving nature for future generations necessitate the development of reclamation projects for exhausted sites, even at the stage of production planning and implementation of these projects after completion. The choice of methods for reclaiming disturbed territories is largely determined by the type of valuable mineral, the method of its extraction, and the climatic and soil conditions of the region. The article analyzes the problems and prospects of reclamation works in areas disturbed by ilmenite extraction in the Zhytomyr Polissia. The authors outline the main types of disturbances to the earth's surface that occur at various stages of preparatory and mining works. The methods and techniques of reclamation of mining territories applied in the Zhytomyr Polissia are characterized. The peculiarities of the impact on soils and water bodies of ilmenite ore extraction in the Irshansk deposit are determined. Considering the specific conditions that have emerged in the territories of the Zhytomyr Polissia due to the extraction of titanium ore, the authors recommend carrying out recreational reclamation and creating park complexes on these territories, combining woody-shrub species of plants, green areas in the form of lawns and flower beds, and artificial water bodies. Waterlogging of water bodies can occur naturally due to the filling of quarry pits with underground waters and atmospheric precipitation. To restore the forest vegetation potential of reclaimed territories, it is advisable to apply land improvement measures: mineral and organic fertilization, planting of nitrogen-fixing plants, adding biochar to the fertile soil layer at the stage of laying out territories. *Key words:* ilmenite, reclamation, forest plant potential.

Постановка проблеми. В умовах постійного економічного розвитку людство з кожним днем потребує все більшої кількості природних ресурсів, у тому числі і викопних. Видобуток корисних копалин відкритим, чи підземним способом неминує призводить до порушення земної поверхні, забруднення ґрунтів та водних об'єктів на території видобутку, знищення природних екосистем. Все це обумовлює жорстку необхідність у проведенні грамотних та науково обґрунтованих робіт з відновлення цих територій, направлених на повернення їм властивостей максимально наближених до природніх. З цією метою, на всі гірничовидобувні підприємства України покладено зобов'язання провести рекультивацию порушених територій після відпрацювання

родовища корисних копалин. Вибір способу та методів проведення рекультивациі значною мірою обумовлений видом корисної копалини, способом її видобутку, особливостями кліматичних та ґрунтових умов регіону та вимагає індивідуального підходу до кожного об'єкту.

Актуальність дослідження. Житомирська область характеризується потужним розвитком гірничо-видобувної галузі і як наслідок саме ця галузь здійснює найбільший вплив на стан навколишнього середовища в регіоні. Грамотне проведення видобувних робіт, дотримання нормативів, впровадження кращих практик з питань захисту довкілля дозволяють мінімізувати вплив гірничих підприємств на стан атмосферного повітря, забруднення ґрунтів та

водних об'єктів на території провадження видобувної діяльності. Однак виключити порушення земної поверхні при розробці родовищ неможливо. Це обумовлює необхідність проведення робіт з відновлення територій після закінчення видобутку корисних копалин. Спосіб видобутку значною мірою впливає на стан територій та впливає на вибір напрямку рекультивації. Метою цього дослідження є вивчення доцільності застосування рекреаційної рекультивації земель порушених внаслідок видобутку ільменіту на Житомирському Поліссі.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Представлені результати дослідження є висновками із проведеної наукової роботи, що виконується в межах комплексних досліджень кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гірничовидобувна промисловість в Україні є найбільш землеємною галуззю. Видобування корисних копалин відкритим способом є більш вигідним з економічної точки зору. При цьому площа кар'єрів сягає значних розмірів. Окрім того, при відкритому видобуванні мінеральної сировини накопичуються значні об'єми розкривних порід та хвостів.

Рекультивації підлягають всі землі, які зазнали змін у структурі рельєфу, ґрунтовому покриві, материнських породах та породах, що їх підстилають, які відбулися внаслідок проведення гірничодобувних, гідротехнічних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт [1].

Рекультивації територій порушених внаслідок видобування корисних копалин присвячена значна кількість наукових праць. Частина авторів зосередила свою увагу на правових аспектах регулювання рекультивації земель в Україні [2–3].

В наукових публікаціях розкриваються методи та шляхи біологічної рекультивації, які є більш типовими та доцільними для регіону досліджень. Так, Бубнова О.А. [4] розглянула стан проблеми порушених гірничими роботами сільськогосподарських земель, запропонувала спосіб рекультивації ґрунтів із відновленням їх природних властивостей.

Науковці Кудрик А. П., Дребот О. В., Пузняк О. М., Вишневський Ф. О. [5] проводили дослідження щодо розробки технологічних рішень з питань способів відновлення порушених територій регіону Полісся Житомирщини. Саврасих Л. Д. [6] вивчав екологічний стан територій рекультивованих земель в результаті проведення гірничих робіт з видобування бурого вугілля. Корбут М.Б. зосередила свою увагу на рекультивації територій, які використовувалися як звалища твердих побутових відходів [7].

Останнім часом значної популярності набувають дослідження присвячені застосуванню дистанційних методів моніторингу геоecологічного стану територій видобування корисних копалин [8–9].

У Житомирській області проводиться комплекс заходів по запобіганню деградації земель, відновлення їх продуктивності і господарської цінності [10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну кількість наукових публікацій присвячених рекультивації територій порушених внаслідок видобування корисних копалин на Житомирському Поліссі, більшість з них висвітлюють результати досліджень ефективності застосування сільськогосподарського чи лісгосподарського способу рекультивації. У даній статті вперше вивчено можливість проведення рекреаційної рекультивації після відпрацювання родових титанової руди.

Новизна. На основі проведених власних досліджень та аналізу досліджень інших авторів обґрунтовано перспективи рекреаційної рекультивації земель порушених внаслідок видобутку ільменіту.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для вирішення поставлених завдань було проаналізовано стан територій порушених внаслідок видобування ільменіту відкритим способом на Житомирському Поліссі та визначено найбільш перспективні способи їх рекультивації. Представлені дослідження можуть бути використані як основа для розробки планів рекультивації родовищ ільменіту на Житомирському Поліссі.

Викладення основного матеріалу. Ільменіт – це змішаний оксид титану та $Fe (FeTiO_3)$ з якого видобувають титан, що є основною сировиною для виробництва діоксиду титану та металевого титану. Дана руда може містити до 40 % Fe у своєму складі [11]. Видобуток ільменіту, як і будь який вид гірничовидобувної діяльності здійснює значний вплив на стан навколишнього середовища. Основний негативний вплив припадає на порушення ґрунтів та забруднення водних середовищ.

Найпоширенішим методом видобутку ільменіту є відкритий, в процесі якого утворюються кар'єри різного розміру та глибини (рис. 1). При цьому порушення земель відбувається на кожному етапі видобутку [12].

1. Етап геологічної розвідки та оцінки запасів. Зазвичай на даному етапі визначають місце майбутнього видобутку, вивчають геологічну будову різними способами (сейсмічними, магнітними або електромагнітними). Негативний вплив відбувається при бурінні та відбиранні зразків для оцінки кількості та якості ільменіту. Також процес геологічної розвідки може супроводжуватись вирубкою лісів, порушенням родючого шару ґрунту, будівництвом додаткових доріг та будівель [13].

2. Підготовчий етап. На даному етапі відбувається підготовка території до видобутку ільменіту. Дерев та кущі вирубують та видаляють рослинний шар. Втрата лісової рослинності може мати прямі негативні наслідки для лісорослинного потенціалу ґрунтів. Лісова рослинність відіграє вирішальну



Рис. 1. Відкритий видобуток корисних копалин (Джерело: платформа Canva)

роль у підтримці структури ґрунту, запобіганні ерозії та забезпеченні ґрунту органічними речовинами. Значні ділянки землі втрачають задернований шар ґрунту, що призводить до ерозії ґрунту та забруднення води. Вода, яка використовується для розмивання ґрунту при відкритому видобутку, містить токсичні хімічні речовини, які можуть завдавати шкоди довкіллю. Підготовчий етап включає зняття родючого шару ґрунту та складування його у тимчасовий бурт, де ґрунт піддається ущільненню, вимиванню та вивітрюванню, що призводить до ерозії. Ерозія спричиняє зниження родючості ґрунту, погіршення росту та розвитку та поглинанню поживних речовин рослинами. Це погіршує якість майбутньої біологічної рекультивациі [14]. При проведенні розкривних робіт, через малу потужність гумусового шару та низький вміст гумусу, часто селективне зняття родючого шару не здійснювалося. За період проведення розкривних робіт гумусовий шар перемішувався з розкривними породами та стає практично непридатний для цілей рекультивациі. Заповнення відпрацьованих кар'єрів здійснювалося розкривними породами, що перемішувалися в процесі виконання технологічних робіт, або застосовувався метод гідронамиву їх у вигляді пульпи [15].

3. Розробка родовища. Даний етап супроводжується вийманням значних об'ємів гірської породи та саме ільменітового концентрату. При цьому гірська порода відвозиться на відвали, для яких для складування яких відводять значні території. Відвали піддаються ущільненню, що зменшує пористість ґрунту та погіршує інфільтрацію води [16]. Процес розробки родовища здебільшого має тимчасовий довгостроковий характер, залежно від об'єму корисної копалини. За цей час значні території забудовуються тимчасовими будівлями, дорогами, відводиться місце для паркування важкої техніки. При збільшенні глибини

кар'єру відбувається прилив підземних вод, утворюється депресивна вирва. При осушенні водоносного горизонту відбувається зменшення природної вологості ґрунтів, що призводить до усихання кореневої системи рослин [17]. Вплив кар'єрного добування ільменітових руд на природне середовище має такі наслідки: зміна природного режиму підґрунтових і поверхневих вод [18]; погіршення та зниження запасів прісних вод на прилеглих до кар'єру територіях; ріст ступеня мінералізації прісної води, що також робить такі води не придатною для водоспоживання; потрапляння дренажних кар'єрних вод та вод хвостових призводить до хімічного забруднення поверхневих водотоків.

4. Обробка ільменітового концентрату. Природні ільменітові руди являють собою тверді розчини змінного складу у системах $FeTiO_3 - MgTiO_3 - Fe_2O_3$ і $FeTiO_3 - MgTiO_3 - MnTiO_3 - Fe_2O_3$, крім того, присутні домішки Al, Si, Nb, Cr, Ca, V, Co, Ni [19]. Для обробки руди використовуються хімічні речовини, таких як кислоти та реагенти. Неправильне поводження з цими хімічними речовинами та їх утилізація може призвести до забруднення ґрунту, погіршення його якості та потенційної шкоди для життя рослин і мікроорганізмів [20].

Будь-яка гірничодобувна діяльність змінює місцевий гідрологічний режим, впливаючи на рух і розподіл води в регіоні. Це може призвести до зміни рівня вологості ґрунту і вплинути на доступність води для рослин та інших організмів. Мікрофлора ґрунтів відіграє важливу роль у колообігу поживних речовин і загальному стані ґрунту. Видобуток ільменіту руйнує мікрофлору ґрунту, при цьому біорізноманіття скорочується, а функціональність погіршується. Зміни в мікробних популяціях можуть мати великий вплив на доступність поживних речовин для рослин.

Порушення території видобутку ільменіту створює антропогенний ландшафт, призводить до втрати біорізноманіття, в тому числі видів рослин, які пристосовані до специфічних ґрунтових умов лісу. Це порушує загальну стійкість та функціонування самої екосистеми [21].

Видобуток корисних копалин і рекультивація земель значно змінюють фізико-хімічні характеристики ґрунту. Більшість властивостей рекультивованих ґрунтів (насипна щільність, рН, Р, К, доступний Р і доступний К) покращуються після рекультивації. Однак, вміст N нелегко відновити з роками, особливо у верхньому шарі ґрунту. Тип землекористування також має значний вплив на рекультивовані ґрунти [22].

Можливе забруднення територій видобутку ільменіту хімічними елементами, такими як марганець, ванадій, барій, нікель, кобальт, хром, молібден, мідь, плумбум, цинк, може мати негативний вплив на здоров'я людей та тварин, які проживають поблизу. Для оцінки ступеня забруднення використовуються різні геохімічні критерії, такі як середній вміст елементів, геохімічні фони, коефіцієнти збагачення, індекси геокумуляції та ін. За допомогою цих показників можна визначити рівень забруднення різних функціональних зон, таких як лісові та сільськогосподарські угіддя, заплавні відклади, рекультивовані землі [23].

Після видобутку корисних копалин проводиться рекультивація порушених земель з відновленням родючого шару, що дає можливість використовувати територію для цілей лісового та сільського господарства. Інтенсивність порушення земель внаслідок видобутку ільменіту може бути різною в залежності від способів видобутку, дотримання екологічного законодавства та засад сталого розвитку. Навіть за умови проведення рекультивації, відновлення початкової якості ґрунту на видобутих територіях може бути складним завданням. Відновлення структури та родючості ґрунту потребує часу, а ефективність залежить від методів рекультивації.

У зв'язку зі збільшенням земель, порушених внаслідок видобування корисних копалин, рекультивація стала невід'ємною частиною охорони і відтворення земельних ресурсів.

Рекультивація порушених земель – це комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель (ст. 166 Земельного кодексу України) [24].

Залежно від рівня складності порушень земної поверхні видобувними та допоміжними роботами рекультивовані території можуть використовуватись під сільськогосподарські угіддя, лісонасадження різного призначення, водойми, зони відпочинку тощо. Вибір способу рекультивації родовища залежить від його особливостей, географічного розташування, природних та екологічних факторів. При виборі способу рекультивації значна увага надається мож-

ливостям повернення земельних ділянок до природного стану, що передував їх порушенню.

У районах з помірним і м'яким кліматом та родючим сільським господарством та родючими ґрунтами доцільно відновлювати порушені землі для використання їх під ріллю, сади, пасовища, сінокоси тощо. Однак, для території Житомирського Полісся такий тип рекультивації не є типовим, оскільки гірничовидобувні підприємства переважно розташовані на територіях, що раніше належали лісовим господарствам. Такі території характеризуються малородючими дерново-підзолистими ґрунтами піщаного, глинисто-піщаного і супіщаного механічного складу, які є малоприсадибними для ведення сільського господарства.

У районах, де сільськогосподарська рекультивація малоефективна або недоцільна, варто визначити можливість використання рекультивованих земель під їх заліснення або створення штучних водойм. Для Житомирського Полісся найбільш типовою корисною копалиною є камінь будівельний. Відпрацьований простір кар'єрів з видобутку блочного, або будівельного каменю найбільш придатний для здійснення водогосподарської рекультивації, що обумовлено значною глибиною кар'єрних виїмок, стрімкістю бортів, інертністю природних порід до впливу води та значним водопитоком до кар'єрного простору. Водогосподарська рекультивація не вимагає значних затрат, оскільки обводнення відпрацьованих кар'єрів здійснюється природним шляхом.

Території порушені внаслідок видобування рудних розсипів не можуть бути відновлені лише водогосподарським способом рекультивації, оскільки вони характеризуються більш складним рельєфом, більшою територією порушення, значними площами умовно рівнинних територій та незначною глибиною кар'єрних виїмок. Для таких територій більш раціональним буде поєднання лісгосподарського та водогосподарського способу рекультивації. Комбінація різних видів рекультивації може забезпечити оптимальні результати відновлення.

Попередньо-зібраний родючий ґрунт використовується для перекриття механічно-перемішаних порід рівнинних територій підприємства, що утворилися після проведення видобутку розсипів гідромінералами. У якості лісівничої породи вирисовується сосна звичайна, яка є невибагливою до лісорослинних умов та здатна зростати на кислих ґрунтах.

Типовим представником гірничо-видобувного підприємства, що займається видобутком рудної сировини на території Житомирського Полісся є філія «Іршанського гірничо-збагачувального комбінату» ПАТ «ОГХК», яка займається видобутком ільменітової руди. Підприємство має багаторічну історію. Під діяльність підприємства залучені значні території на півночі Житомирської області. Ділянки родовища були відпрацьовані у різний час і значна частина була рекультивована.

Дослідження проведені на території підприємства показали, що ґрунти рекультивованих ділянок мають не високий лісорослинний потенціал. Ґрунти переважно є піщаними, супіщаними та суглинками [25]. Для цих ґрунтів характерними є низькі вологоутримуючі властивості та низький вміст поживних речовин. Загалом ґрунти дослідних територій мають підвищену кислотність, низький вміст гумусу та суми увібраних основ [26]. Ґрунти є придатними для лісорослинної рекультивації з використанням сосни звичайної. Однак низька родючість ґрунтів та підвищена кислотність призводять до того, що не всі сажанці приживаються. Деревостани сформовані на рекультивованих територіях є слабкими, з часом їх ріст уповільнюється та вони не досягають потенціалу природних лісових екосистем, що передували видобутку (визначено шляхом порівняння із контрольними ділянками, не порушеними видобувною діяльністю територіями). Така ситуація вимагає проведення додаткових заходів, які сприятимуть покращенню стану ґрунтів та відновленню їх лісорослинного потенціалу: внесення добрив, висадження азотфіксуючих рослин у міжряддях сосни, застосування біочару та інших речовин, що покращують структуру ґрунту.

Більш глибокі кар'єрні виїмки на території підприємства підлягають водногосподарській рекультивації. Обводнення здійснюється природним шляхом, чому сприяє досить високий рівень залягання ґрунтових вод. Однак природному відновленню екосистем новоутворених водойм перешкоджає підвищена кислотність води у водних об'єктах.

Загалом, на території Житомирського Полісся знаходиться значна кількість водних об'єктів: річки, озера, водно-болотні угіддя. Вода природних водних об'єктів може містити підвищений вміст заліза (особливість геологічних порід Житомирщини) подекуди значний вміст органіки (за рахунок покладів торфу та болотистих територій на півночі Житомирської області) та характеризується нейтральним, або близьким до нейтрального значенням рН.

Підвищена кислотність штучних водойм на територіях рекультивованих після видобутку ільменіту на Іршанському родовищі обумовлена особливостями геологічної будови території. Ільменітовий пісок, як сировина містить значну кількість домішок мінералів. Порооди, що їх вивернули із 20–30-метрової глибини, мають великий уміст сульфідів заліза, які на повітрі окислюються до сірчаної кислоти, і ґрунт та вода стають кислі. При потраплянні таких підкислених вод змінюються показники кислотності вод поверхневих водойм, а відповідно і стан водної екосистеми.

Як наслідок створення екосистеми штучних водойм здійснюється дуже повільно, водойми є не

придатними для зарибнення. Використання водойм для водного відпочинку населення у перші роки після рекультивації є також не бажаним.

Альтернативним варіантом відновлення території порушених внаслідок видобування ільменіту на Житомирщині може бути рекреаційна рекультивація, а саме створення зони відпочинку. Особливості ландшафту антропогенних територій та їх гідрологічний режим сприятливі для створення на територіях відпрацювання родовищ лісопаркової зони, в склад структури яких входять не тільки деревно-чагарникові види рослин, а й зелені території у вигляді газонів та клумб квітів. Штучні водойми додають зоні відпочинку додаткової естетичної привабливості та створюють локальні осередки прохолоди, що є особливо важливим для урбанізованих територій. Близьке розташування населених пунктів із значною чисельністю населення підтверджує доцільність проектування парку на цих територіях. Достатньо близька відстань до обласного центра (м. Житомир) сприятиме розвитку туристичного потенціалу регіону.

Проведення робіт із підготовки відпрацьованих кар'єрів для створення штучних водойм і використання їх в рекреаційних цілях, дозволяє зменшити затрати на ліквідацію порушень та досягти кращого ландшафтноархітектурного оформлення території.

При формуванні лісопаркового ландшафту необхідно враховувати ґрунтові умови при підборі рослинності у якості посадкового матеріалу. Окрім того, необхідно здійснювати заходи з підвищення продуктивності ґрунту: вносити добрива, меліоранти тощо. Необхідними вимогами до рослинності паркових зон на рекультивованих територіях є невисока вибагливість до ґрунтових умов, швидкий ріст на початковій стадії розвитку та їх естетично привабливий вигляд [27].

Головні висновки. Видобування ільменіту на території Житомирського Полісся призводить до формування техногенно порушених територій, які потребують проведення рекультивації. Типовими способами проведення рекультиваційних робіт на Житомирщині є лісогосподарська та водогосподарська. Однак з врахування гідрохімічних особливостей територій можна стверджувати про перспективність рекреаційної рекультивації. Подальшими етапами досліджень має стати підбір видів рослин, які б поєднували естетичну привабливість та витривалість до зростання на кислих ґрунтах.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані для розробки планів рекультивації родовищ ільменіту на Житомирському Поліссі, а також в освітньому процесі.

Література

1. Лісова Т. В. Рекультивація земель як основний захід їх відновлення. URL: dpspace.nlu.edu.ua/bitstream/123456789/13062/1/Lisova_119-125.pdf (дата звернення: 23.02.2024).
2. Лебідь В. І. Окремі аспекти правового регулювання рекультивації земель в Україні. *Юридична наука*. 2012. № 11. С. 29–33.

3. Місінкевич А. Л. Правове забезпечення рекультивациі земель в Україні: монографія. Хмельницький : Хмельницький університет управління та права, 2015. 140 с.
4. Бубнова О. А. Відновлення властивостей порушених гірничими роботами земель. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/33565/03-Bubnova.pdf?sequence=1> (дата звернення: 23.02. 2024).
5. Основи раціонального землекористування порушених територій Житомирського Полісся / Кудрик А. П., Дребот О. В., Пузняк О. М., Вишневський Ф. О. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/8957/1/ORZ_2018_331-336.pdf (дата звернення: 23.02. 2024).
6. Саврасих Л. Д. Структура рослинних угруповань техногенних ландшафтів Житомирської області. *Вісник ЖНАЕУ*. № 2 (50). т. 1. С. 435–439.
7. Environmentally safe reclamation of solid waste landfills / Grechanik R. and others. *Journal Environmental Problems*. 2023. 8(1). P 47–54.
8. Шевчук Р. М. Методика супутникового моніторингу геологічного стану території відкритого видобування корисних копалин (на прикладі Житомирського Полісся): автореф. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : 05.07.12. Київ, 2019. 23 с.
9. Філіпович В. Є. Оперативний контроль поширення нелегального видобутку бурштину та оцінка збитків, заподіяних державі, за матеріалами багатозональної космічної зйомки. *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. № 4 (20). С. 91–97.
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища Житомирської області у 2022 році. URL: <https://eprdep.zht.gov.ua> (дата звернення: 23.02. 2024).
11. Akbar Mehdilo, Mehdi Irannajad, Bahram Rezai, Chemical and mineralogical composition of ilmenite: Effects on physical and surface properties, *Minerals Engineering*. 2015. Volume 70. P. 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.09.002>
12. Ремезова О. О. Проблеми дослідження родовищ ільменіту північно-західної частини Українського щита. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2005. № 23. С. 22–27.
13. Базалійська Л. М. Звіт про гелогорозвідувальні роботи розвідки Паромівського розсипного родовища ільменіту. Київ: ДП «Українська геологічна компанія», 2016. 259 с.
14. González-González Andrés, Clerici Nicola, Quesada Benjamin. Growing mining contribution to Colombian deforestation. *Environmental Research Letters*. 2021. 16 (6): 064046. doi:10.1088/1748-9326/abfcf8
15. Веремесенко С. І., Саврасих Л. Д. Екологічний стан земель порушених територій Житомирської області. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 2(1). С. 25–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2016_2%281%29_6 (дата звернення: 23.02.2024).
16. Krasovskiy I S., Kovrov I O., Klimkina I. Phytoremediation of coal dumps of the Western Donbass. *Coll.res.pap.nat.min.univ*. 2021. 65. С. 170-178. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.170>
17. Утилізація багатокомпонентних водно-сольових систем – відходів перероблення калійних руд Прикарпаття / Ятчишин Ю.Й. та ін. *І Всеукраїнський з'їзд екологів*. Тези доповіді Міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця, 2006. С. 33.
18. Язвинська М. В. Вертикальний розподіл металів у ґрунтах району розробки титан-цирконієвих розсипищ. *Пошук. та екологіч. геохімія*. 2006. № 5. С. 41–42.
19. *Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*. Збірник матеріалів VIII Міжнародного молодіжного конгресу. Львів, 2023. 154 с.
20. Характеристика вихідної сировини та чорного концентрату Іршанського гірничо-збагачувального комбінату / Яременко О. В. та інші. *Водні і наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття: Збірник наукових праць*. 2023. с. 46–47.
21. Бакка М. Т., Гуменик І. Л., Редчиць В. С. Екологія гірничого виробництва: Навчальний посібник. Житомир : ЖДТУ, 2004. 307 с.
22. Xiaoyang Liu, Zhongke Bai, Wei Zhou, Yingui Cao, Gengjie Zhang, Changes in soil properties in the soil profile after mining and reclamation in an opencast coal mine on the Loess Plateau / Xiaoyang Liu and others. *Ecological Engineering*. 2017. Volume 98. P. 228-239 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.078>.
23. Kryuchenko Natalia, Yazvinska Myroslava, Zhovynskiy Eduard. Environmental and geochemical assessment of surface sediments on irshansk ilmenite deposit area. *Geological and geographical sciences*. 2015. Vol. 3 №. 1 (8). <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2015.38728>
24. Земельний кодекс України. Редакція від 26.01.2024 [Електронний ресурс] / Офіційний веб-сайт Верховної Ради України. URL: <http://portal.rada.gov.ua> (дата звернення: 23.02.2024).
25. Шомко О. М. Дослідження фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту рекультивованих територій порушених видобутком ільменіту. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Том 27 № 1.
26. Шомко О. М. Давидова І. В. Study of the soil condition of reclaimed areas after ilmenite mining in Zhytomyr Polissia. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: технічні науки. 2024. № 1 (328).
27. Хороша О. І., Субін-Кожевнікова А. С., Куленко О. В. Аналіз основних факторів впливу та вимог при формуванні рекреаційних просторів на рекультивованих територіях. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. № 2. С. 73–80.