
ПОСТМАЙНІНГОВІ ГЕОСИСТЕМИ СТЕБНИЦЬКОГО ХВОСТОСХОВИЩА: ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, УМОВИ ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ

Іванов Є. А., Остап'юк В. Л., Корнус А. О.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-596-9-5>

ВСТУП

ПАТ Стебницьке ГХП «Полімінерал» є гірничо-хімічним підприємством, що розташоване неподалік м. Стебник Дрогобицького району Львівської області. Від 1988 р. підприємство не функціонує, але продовжує належати до екологічно небезпечних об'єктів Львівщини. Площа його гірничого відводу становить 1 290 га. Стебницьке калійне родовище розробляли на двох рудниках (№ 1 і 2). Станом на 1986 р. запаси калійних руд складали 1,1 млрд т.

У 1966–1988 рр. ПАТ Стебницьке ГХП «Полімінерал» виробляла калійно-магнієві добрива (каліймагнезію), виготовлення яких призводило до утворення чималих об'ємів гірничопромислових відходів. Відходи збагачення калійних і магнієвих солей транспортували трубопроводами у хвостосховище, розміщене на північно-східній окраїні м. Стебника Львівської обл., у долині р. Солониця. Щоденні обсяги гірничопромислових відходів сягали 700–900 м³. На початку 1980-х років обсяги гірничопромислових відходів досягли критичних відміток. У 1983 р. після сильних злив відбувся прорив дамби, внаслідок чого величезні маси високомінералізованої ропи та мулу ринули долинами річок Солониці, Тисмениці і Дністра, аж до Чорного моря. Потужний селевий потік виніс понад 5 млн т, що призвело до засолення заплав і низьких терас водотоків, завдало шкоди гідробіонтам. Природно-техногенні причини та еколого-геохімічні наслідки аварії розглянуто у роботі¹. Після цієї екологічної катастрофи об'єми виробництва калійно-магнієвих добрив у Стебнику зменшилися і вже в 1988 р. прийнято рішення про закриття збагачувальної фабрики.

На сьогодні Стебницьке хвостосховище має площу 125 га і складається із двох секцій: першої, верхньої, що заповнена здебільшого

¹ Дяків В., Кицмур І. Природно-техногенні причини та еколого-геохімічні наслідки гідродинамічної аварії 15 вересня 1983 р. на Стебницькому хвостосховищі. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Геологія*. 2016. Вип. 30. С. 106–124.

твердими відходами та другої, нижньої – наповненої ропою та мулом². За умов додатного водного балансу із переважанням кількості опадів над випаровуванням (1,04 млн м³/рік) залишається ризик повторного прориву дамби, тому частину ропи періодично скидають із хвостосховища у водотоки.

Головну увагу присвячено дослідженню постмайнінгових геосистем, що формуються у першій секції Стебницького хвостосховища (рис. 1). У першій секції розміщено біля 20 млн т соляно-глинистих відходів флотації. Внаслідок взаємодії атмосферних опадів і відкладів відбувається вилугування солей та утворення вторинної ропи (концентрація понад 10–25 г/дм³), яка ерозійними формами стікає у понижені ділянки першої секції та формує основну водойму. У другій секції й нині зберігається біля 3 млн м³ розсолів, при цьому вміст солей пошарово змінюється від 151,26 г/дм³ на водній поверхні до 437 г/дм³ в його придонній частині³.



Рис. 1. Територія Стебницького хвостосховища на космознімку Google Earth Pro (виділено червоною межею)

Після закриття збагачувальної фабрики та припинення надходження відходів флотації на плоских засолених поверхнях першої секції виникли піонерні рослинні угруповання. Специфіку формування

² Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

³ Білоніжка П., Дяків В. Хімічний та мінералогічний склад відходів збагачення калійних руд Стебницького родовища та їхній вплив на довкілля. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*. 2009. Вип. 23. С. 162–174.

угруповань на основі дешифрування космознімків розглянуто в статті⁴. Швидкість їх розвитку за останні 15–20 років зросла, однак залишилося чимало запитань. Проведені у 2020–2021 рр. польові геоекологічні дослідження та відбір й аналіз проб води із внутрішніх водойм, затоплених карстових форм і карстопровальних понижень секції дали змогу виявити сучасні закономірності формування і функціонування геосистем та окреслити перспективи розвитку піонерних ділянок рослинності в межах першої секції хвостосховища.

1. Матеріали і методи дослідження

Для геоекологічного картографування та геоінформаційного моделювання постмайнінгових геосистем Стебницького хвостосховища використано план гірничих робіт станом на 1992 р., що відповідає етапу завершення експлуатації хвостосховища, із нанесеною топографічною основою масштабу 1 : 2 000. За допомогою топооснови побудовано цифрову модель рельєфу та морфометричні моделі крутизни та експозиції схилів. Для дешифрування меж рослинних угруповань використано 23 космічних знімків, які отримані із програми *Google Earth Pro*. Підготовлені і прив'язані до цифрової моделі рельєфу першої секції хвостосховища космознімки охоплюють 15-ти річний період – від 3 липня 2006 р. до 13 листопада 2021 р. (після широкомасштабного вторгнення росії в Україну космознімки не розміщуються).

Науково-методологічною і методичною основою дослідження є концепція геоекологічного аналізу сучасного стану та вирішення проблем оптимізації гірничопромислових і постмайнінгових геосистем^{5,6,7}. Вона ґрунтується на положеннях ландшафтної екології, використанні ландшафтного, геосистемного і геоекологічного підходів. Виокремлення ландшафтних одиниць здійснено на основі запропонованих авторами підходів до діагностування і моделювання природних, антропогенно-модифікованих та антропогенних геосистем⁸.

⁴ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

⁵ Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.

⁶ Іванов Є. А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація : автореф. дисер. ... д-ра геогр. н. Київ, 2017. 40 с.

⁷ Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України. Київ–Чернівці : Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.; Т. 2. С. 376 с.

⁸ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Вип. 612–613: Географія. С. 54–59.

У 1998–2021 рр. в межах Стебницького хвостосховища та оточуючих природно-господарських систем проведено детальні польові геоecологічні дослідження, спрямовані на вивчення сучасного стану та різних антропогенних і природних чинників формування і функціонування постмайнінгових геосистем. У дослідженні застосовано такі методи як аналізу і синтезу, індукції і дедукції, ландшафтно-динамічний, ландшафтно-геохімічний та ін. Використано власну методику геоінформаційного (ландшафтно-ecологічного) картографування і моделювання гірничопромислових і постмайнінгових територій та окремих об'єктів^{9, 10, 11}. Моделювання геоданих здійснено за допомогою ГІС-програми *ArcGIS*, графічного редактора *CorelDRAW*, картографічного сервісу *Google Earth Pro* тощо.

З метою визначення умов формування і функціонування постмайнінгових геосистем у 2020–2021 рр. періодично відібралися проби води з 12 пунктів для подальшого аналізу на вміст сольового залишку. Проби води набиралися саморобним пробовідбірником у літрові фляги із приповерхневих шарів (до 20 см) внутрішніх водойм, затоплених карстових форм і карстопровальних понижень, що розташовані у верхній, центральній і нижній частинах першої секції хвостосховища (рис. 2а). Більшість з пунктів відбору знаходилися на межі між відкритими засоленими просторами та піонерними формами рослинності. Для відбору проб обрано різні сезони року та погодні умови, що дало змогу виявити певні залежності між рівнем засолення води та кількістю атмосферних опадів.

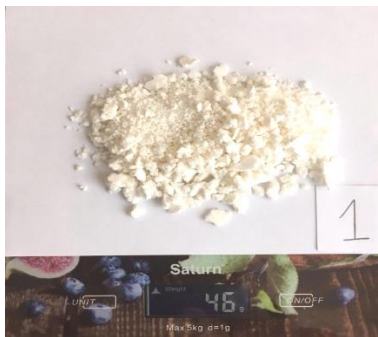
⁹ Іванов Є. Методика еколого-ландшафтознавчого картографування гірничо-видобувних територій. *Наук. вісн. Чернівець. ун-ту*. 2001. Вип. 104. С. 207–213.

¹⁰ Іванов Є. А., Андрейчук Ю. М., Лобанська Н. І. Проблеми геоінформаційного моделювання гірничопромислових геосистем. *Фіз. геогр. та геоморф.* 2005. Вип. 48. С. 180–186.

¹¹ Ковальчук І. П., Іванов Є. А., Клейник В. В. Картографування геоecологічного стану природно-господарських систем гірничопромислових територій. *Часопис картографії*. 2011. Вип. 2. С. 129–137.



а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Відбір проб води в межах першої секції Стебницького хвостосховища: а) процес відбору проби; б-г) результати зважування соляного залишку

Після випаровування води з відібраних проби на газовій плиті отримували соляний залишок у певній ступені зволоження (до 2–5% води). Соляну масу додатково перемішуючи просувували від залишкової вологи за допомогою різних методів, головно під дією сонячних променів. Матеріал фасували в пронумеровані пакети та зважували за допомогою кухонних електронних ваг (рис. 2б,в,г). Точність вимірювання складала до 1 г.

2. Геоєкологічний стан району дослідження

Стебницьке хвостосховище огорожене від навколишніх земель ґрунтовою дамбою загальною довжиною 2 061 м, із максимальною висотою 21,5 м, яку збудовано в 1970-х роках. Після аварії 1983 р. дамбу хвостосховища додатково підсилено й відтоді експлуатують в

безаварійному режимі. Ложе сховища гідроізольоване, що забезпечує відсутність витоків за межі зберігання рідкої та твердої фаз в умовах додатного водного балансу переважання кількості опадів над інтенсивністю випаровування, припинення виробничого процесу та використання оборотних вод у дощові роки та пори року зі значною кількістю опадів і незначним випаровуванням, може призвести до переповнення секцій і виникнення нової аварійної ситуації¹².

Для району дослідження, де розташоване Стебницьке хвостосховище, властивий височинний рельєф з абсолютними висотами від 300 до 325 м. Територія гірничого відводу являє собою місцевість з урізами невеликих річкових долин та яружно-балкової мережі, до якої з південного заходу примикають присадибні ділянки м. Стебник, а з півночі і північного сходу – Колпецький ліс. У геологічному відношенні об'єкт розташований в межах внутрішньої зони Передкарпатського прогину, яку поділено на дві підзони: глибинних складок Покутсько-Бориславської і синклінорю Самбірської.

Техногенні форми рельєфу карти “вписано” до оточуючих природних, особливо у її південній і південно-східній частині. Варто відзначити поєднання в межах хвостосховища плоских поверхонь власне досліджувані карти і крутих схилів різної експозиції дамб, що її підвищує над навколишніми природно-господарськими системами. Схема заповнення карт (місця подання пульпи трубопроводами) визначила особливості поверхонь. Відзначимо її ухили з південного заходу на північний схід із відносними перевищеннями у 4–5 м. У центральній частині карти намівання пульпи у рельєфі виділяються залишки дамби-перемички, яка зумовила формування припіднятих ділянок поверхні карти.

Калійні руди Стебницького родовища мають полімінеральний склад. Вони містять багаті й своєрідні асоціації сольових мінералів, які належать до водних і безводних хлоридів, хлорид сульфатів і сульфатів K, Mg, Na, Ca. Головними мінералами покладів калійних солей є галіт, каїніт і лангбейніт. З огляду на те, що два останні мінерали є головними рудами на калій і магній, виділяють три різновиди калій-магнієвих руд: каїнітові, лангбейнітові та каїніт-лангбейнітові. До другорядних мінералів, які наявні в калійних рудах у невеликих кількостях (до 10%), належать силвін, полігаліт, кізерит, шеніт, епсоміт, леоніт і карналіт¹³.

Тривале використання недосконалої технології видобування калійних, магнієвих і натрієвих руд ПАТ Стебницький ГХП

¹² Хевпа З., Кицмур І., Дяків В. Хвостосховище Стебницького ГХП «Полімінерал»: сучасний стан, шляхи покращення стану довкілля та забезпечення екологічної безпеки. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* 2023. Вип 37. С. 56–71. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgl.37.05>

¹³ Там само.

«Полімінерал» призвело до трансформації геологічного середовища та інтенсивного розвитку небезпечних екзогенних процесів, головню пов'язаних із розчиненням сульфатних порід. Перш за все, відходи збагачення руд, які транспортували трубопроводом у хвостосховище зумовило активізацію карстових процесів.

Стебницьке хвостосховище негативно впливає на стан природних вод. У населених пунктах, які розміщених поблизу, існує проблема із забезпеченням питною водою. Просочування ропи крізь дамби хвостосховища призводить до засолення ґрунтів, підвищення мінералізації поверхневих і підземних вод, суттєвого погіршення гірничо-геологічних умов, сприяють розвитку соляного карсту та просіданню земної поверхні над виробленими просторами¹⁴.

Найбільш водозбагаченими є водоносні горизонти, які головню пов'язані з акумулятивними терасами Дністра та його допливів. Водоносні горизонти, що належать до елювіально-делювіальних відкладів на схилах карпатських гір, річкових долин Передкарпаття, ярів Подільської височини, не є сталими як за площею поширення, так і за потужністю та режимом, тому у водопостачанні населених пунктів Львівської області вони відіграють другорядну роль.

Клімат у районі дослідження є помірно континентальним, вологим із м'якою з відлигами зимою, вологою весною, теплим літом і теплою сухою осінню. Середня температура січня становить -3,2 °С, липня – +18,6 °С. Річна кількість опадів коливається у широких межах – від 650 до 900 (1200) мм. Кліматичні умови відіграють важливу роль у функціонуванні геосистем.

Соляне забруднення створює у районі несприятливі умови для утворення ґрунтового покриву та росту рослин. Насичені солями відклади, завдяки високій адсорбційній здатності ґрунтів, довго зберігаються у ньому, змінюючи його фізико-хімічні та біологічні властивості. Засолення структурних частин ґрунтових субстратів призводить до зростання щільності ґрунтової маси, що погіршує його водний режим і газообмін. Просочені солями ґрунти втрачають здатність вбирати та утримувати вологу. Через засолення у ґрунті виникають анаеробні умови, порушується окисно-відновний потенціал й втрачається його родючість¹⁵.

Будівництво та експлуатація Стебницького хвостосховища призвели до активізації небезпечних природно-антропогенних процесів, що

¹⁴ Кицмур І. І., Дяків В. О. Ретроспективний геоecологічний аналіз гідродинамічної аварії 15 вересня 1983 р. на Стебницькому хвостосховищі та геохімічних наслідків катастрофічного виливу розсолів у басейн Верхнього Дністра. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матер. 3-ї наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 297–302.

¹⁵ Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України. Київ–Чернівці : Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.; Т. 2. С. 376 с.

спричинюють трансформацію геосистем у районі дослідження. Найвідчутніше на екологічний стан природно-господарських систем впливають трансформаційні процеси, які зумовлені розвитком процесів просідання земної поверхні та призводять до утворення карстових і карстопровальних форм, зон затоплення, підтоплення і вторинного заболочення.

3. Умови формування постмайнінгових геосистем

На основі проведених геоecологічних досліджень складено ландшафтну карту першої секції Стебницького хвостосховища масштабу 1 : 2 000, яка охоплює постмайнінгові геосистеми першої секції хвостосховища та оточуючі природно-господарські системи (рис. 3). При цьому виокремлено дві ландшафтні місцевості (по одній природного та антропогенного генезису), три ландшафтні смуги в антропогенній місцевості (аналоги гірських стрій, за Г. Міллером), вісім видів ландшафтних урочищ і 30 видів ландшафтних підурочищ (на карті показано кольорами, в умовних позначеннях до рисунку не відображено)¹⁶.

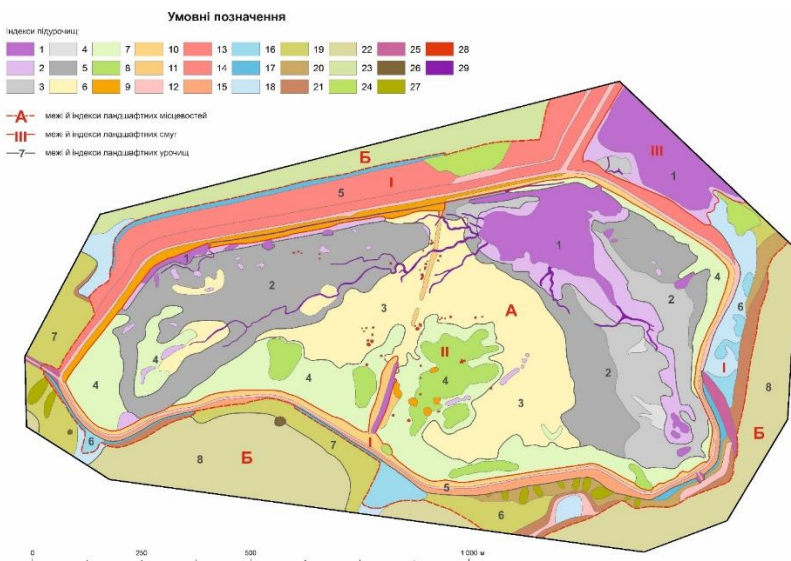


Рис. 3. Ландшафтна карта першої секції Стебницького хвостосховища

¹⁶ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

Умовні позначення:

Ландшафтні місцевості: А. Плоскі поверхні карт, обваловані системою горбисто-крутосхилих дамб, складені глинисто-сольовими відкладами, які частково заповнені розсолами з фрагментами деревно-чагарникової і болотно-трав'яної рослинності різних стадій сукцесії на хемоземах галоморфних (засолених, солончакових і солончакуватих субстратах) і літоземах глиноморфних. Б. Горбисто-хвилясті, розчленовані поверхні високих терас (III–IV тераси), складені піщано-галечниковим алювієм, частково перекритим лесовидними суглинками із дубовими, ялицево-дубовими і дубово-смерековими лісами на буроземно-підзолистих і дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах, частково розорані.

Ландшафтні смуги: I. Поеднання горбисто-крутосхилих дамб і плоских переддамбових понижень хвостосховища, складених ущільненими щербенисто-суглинистими відкладами з лучною і лучно-болотною рослинністю та деревно-чагарниковими заростями на насипних літоземах глиноморфних сильнощербенистих. II. Плоскі поверхні карт хвостосховища, складені глинисто-сольовими шламами з ознаками піонерної деревно-чагарниково-трав'яної рослинності на хемоземах модальних галоморфних (засолених, солончакових і солончакуватих субстратах). III. Плоскі поверхні карт хвостосховища, складені глинисто-сольовими відкладами і заповнені розсолами.

Ландшафтні урочища: 1. Плоскі мокрі, місцями заболочені, глинисто-сольові поверхні карт на чорних глибоко-профільних мокрих сильнозасолених субстратах, постійно або періодично заповнені розсолами, без ознак рослинності. 2. Плоскі вологі глинисто-сольові поверхні карт на темно-сірих, майже чорних глибокопрофільних гідроморфних засолених субстратах, практично без ознак рослинності. 3. Плоскі, дещо припідняті слабовологі плямисто-смугасті глинисто-сольові поверхні карт на сірих та ясно-сірих глибокопрофільних гідроморфних солонцювато-солончакуватих субстратах, практично без ознак рослинності. 4. Плоскі припідняті, місцями горбисті сірі супіщано-глинисто-сольові поверхні карт на ясно-сірих глибокопрофільних гідроморфних солончакуватих субстратах з піонерною деревно-чагарниковою і трав'яною рослинністю. 5. Сильнопокаті терасовані поверхні дамб на літоземах глиноморфних з лучною і деревно-чагарниковою рослинністю. 6. Крутосхилі, плоскі й ввігнуті сильно перетворені переддамбові пониження на літоземах глиноморфних і залишках дернових оглеєних суглинистих ґрунтів із болотною, лучно-болотною і деревно-чагарниковою рослинністю. 7. Ввігнуті заболочені днища річкових долин із лучно-болотною рослинністю на дернових оглеєних суглинистих ґрунтах. 8. Слабопокаті схили, розчленовані широкими балками з фрагментами дубових лісів на дерново-підзолистих оглеєних суглинистих слабо- і середньозмитих ґрунтах, розорані, зайняті присадибними ділянками.

Формування геосистем хвостосховища розпочато від початкової стадії молодості (становлення), у процесі якої колишній гірничопромисловий об'єкт перетворюється у "повноцінне", розвинене ландшафтне утворення. Процес становлення (як і виникнення) геосистем пов'язаний з кількісним та якісним збільшенням тотальної множини її підсистем та окремих елементів¹⁷. На стадії молодості в геосистемі відбувається поява нових якостей природного і функціонального (головно постмайнінгового) характеру. Водночас, на початку формування постмайнінгової геосистеми існують недостатньо вивчені, інколи неоднозначно трактовані процеси їхньої диференціації та подальшої інтеграції. При цьому посилення диференціації підсистем та елементів геосистем продовжує зміцнювати взаємозв'язки між геокомпонентами¹⁸.

На незатоплених водоймами ділянках розпочалося утворення ґрунтосумішей. Забарвлення субстрату залежить від вмісту солей та у повітряно висушеному стані змінюється від ясно-сірого до темно-сірого кольору. За структурою субстрат дрібнозернистий, добре змочується водою та під час атмосферних опадів утворює перезволожену кірку товщиною до 2–5 см¹⁹.

В межах хвостосховища формуються екстракційні ландшафти. Це єдиний підклас геосистем, який відноситься як до територіального, так й аквального типів гірничопромислових і постмайнінгових геосистем²⁰. Вони виконували виробниче призначення і використовувалися у технологічній схемі збагачення полімінеральних солей та виготовлення калійно-магнієвих добрив. Такі геосистеми, під час експлуатації хвостосховища, являли собою багатосекційну гідротехнічну споруду для складування відходів солезбагачення, що надходили трубопроводами у вигляді пульпи (суміші розсолів і хвостів). Гідротехнічну споруду обнесено дамбами, між якими утворено земноводний простір, де відбувалося осідання твердих відкладів, субстрату як основи для подальшого ландшафтоутворення.

Серед екстракційних геосистем домінують плоскі, дещо похилі, поверхні окремих карт хвостосховища, зовні обваловані дамбами, що утворюють замкнені безстічні ділянки та потребують систематичного регулювання рівня остаточної водойми. При цьому рівень розсолів

¹⁷ Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.

¹⁸ Данілова О. А. Сучасна ландшафтна структура гірничопромислових територій (на прикладі Олександрійського буровугільного району). *Наук. зап. Вінниць. держ. педагог. ун-ту ім. М. Коцюбинського. Сер.: Геогр.* 2007. Вип. 13. С. 45–54.

¹⁹ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

²⁰ Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України. Київ–Чернівці : Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.; Т. 2. С. 376 с.

поступово збільшується, сягає критичного, аж до моменту спускання водойми у нижчу, другу секцію. Періодичність спускання остаточної водойми змінюється від 8 (12) до 18 (24) місяців і залежить від кількості атмосферних опадів та інших погодних умов у цей період часу. Плоскі поверхні складені глинисто-сольовими відкладами (хвостами збагачення), які частково заповнені розсолами десятків невеликих водойм різної глибини (від 0,2 до 3,0–4,0 м)²¹. Глибина водойм у різні пори року може коливатися. В останні 15–20 років на поверхні першої секції активізувалися процеси соляного карсту із утворенням численних карстових понорів і лійок, які на сьогодні заповнені розсолами. Кількість активних карстових форм рельєфу нині перевищує 200 од., а площа окремих карстових полів займає до 200–250 м². Більшість карстових утворень розміщено лінійно та є поверхневими проявами неоднорідностей у суглинисто-сольовій масі із складною системою карстових тунелів і порожнин.

Вагому роль у формуванні постмайнінгових геосистем хвостосховища відіграють ландшафтні смуги, в межах яких виникають специфічні природно-географічні умови. Тіло хвостосховища височіє на оточуючим простором і поділено на дві частини: дамби обваловування та хвости збагачення. Цим частинам властивий різний літологічний склад відкладів, що виступає основою для виникнення і формування ландшафтних смуг. Накопичення твердої і рідкої фаз відходів солезбагачення також зумовило утворення різних антропогенних смуг і специфічне поєднання урочищ.

Особливості заповнення карти Стебницького хвостосховища відіграли важливу, подекуди вирішальну, рельєфотвірну роль. У процесі створення його земної поверхні виникали окремі припідняті ділянки, які приурочено до південних і південно-західних крайніх частин першої секції. Власне в межах припіднятих, лише на 0,5 (до 2,5) м, ділянок сформовано природні умови для формування деревно-чагарникової і болотно-трав'яної рослинності різних стадій сукцесії. Трансформаційні зміни меж піонерної рослинності та періодичні їх розширення й звуження, залежать від мікрокліматичних, зокрема й погодних умов (середньої та аномальної кількості опадів, співвідношення між сумою опадів і випаровуванням, швидкості вітру тощо) та пов'язані з існуючим (актуальним) рівнем розсолів в остаточній водоймі та інтенсивністю впливу людської діяльності²².

Функціонування постмайнінгових геосистем хвостосховища за типом «дамба – штучна водойма» можливе виключно за умов продовження управління її станом людиною, підприємством. Якщо

²¹ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

²² Там само.

людина перестане контролювати і підтримувати цю ландшафтно-технічну систему, існує ризик розмивання дамби і руйнування хвостосховища із втратою власних функцій та небезпекою повторення екологічної катастрофи²³.

Варто відзначити, що на етапі виникнення та утворення антропогенних геосистем хвостосховища, більшості новостворених форм властива нечіткість їхніх меж із надзвичайно змінними просторово-часовими (геодинамічними) параметрами. Окремі ландшафтно-екологічні показники носять виражений сезонний характер. Загалом, особливості ландшафтно-структури досліджуваної території відображено станом на 2018 рр. і головні її ознаки збережені.

На основі серії дешифрованих космознімків проаналізовано просторово-часові закономірності формування рослинних угруповань в межах плоских поверхонь першої секції Стебницького хвостосховища. При цьому виявлено тенденції зміни площ ділянок за період з 2006 до 2018 рр., зайнятих різними піонерними угрупованнями^{24, 25} (рис. 4): 1) лучно-болотними; 2) чагарниково-лучними; 3) деревно-чагарниковими. Ці рослинні угруповання утворюють первинний сукцесійний ряд (стадії самозаростання) у формуванні рослинного покриву постмаїнінгових геосистем хвостосховища²⁶.

Розглянемо умови формування рослинних угруповань на сильнозасолених і перезволожених поверхнях першої секції хвостосховища. Техногенні форми рельєфу карти «вписано» до оточуючих природних, особливо у її південній і південно-східній частині. Відзначимо поєднання плоских поверхонь власне карти намівання пульпи і крутих припіднятих схилів різної експозиції дамби, що її підвищує на 3–20 м над оточуючими хвостосховище природно-господарськими системами. Технологія заповнення секції із місцями скидання пульпи трубопроводами визначила особливості поверхонь карти. Спостерігаємо її малий похил 0,003 з південного заходу на північний схід із відносними перевищеннями у 4–5 м²⁷. У центральній частині карти хвостосховища у рельєфі виокремлені залишки дамби-

²³ Яцєнєк Ю. В. Водогосподарські антропогенні парагенетичні ландшафтні системи. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. Вип. 3–4. С. 147–152.

²⁴ Іванов Є. А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація : автореф. дисер. ... д-ра геогр. н. Київ, 2017. 40 с.

²⁵ Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України. Київ–Чернівці : Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.; Т. 2. С. 376 с.

²⁶ Іванов Є., Ковальчук І. Аналіз формування рослинних угруповань в межах Стебницького хвостосховища на основі дешифрування космознімків. *Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні-2020*: зб. матер. VIII-ї міжнарод. наук.-практ. конф. Київ, 2020. С. 186–189.

²⁷ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

перемички, яка зумовила утворення припіднятих ділянок поверхні карти.

На незатоплених протягом тривалого часу поверхнях хвостосховища розпочато процес утворення ґрунтосумішей, основ первинних ембріоземів. Забарвлення субстрату залежить від вмісту солей та у повітряно висушеному стані змінюється від ясно-сірого до темно-сірого кольору. У посушливі періоди ґрунтосуміші висихають, вкриваються тріщинами і білою соляною кіркою. За структурою їхній субстрат дрібнозернистий, добре змочується водою та після випадання зливових опадів утворює нестійкий перезволожений шар товщиною до 2–5 см²⁸.

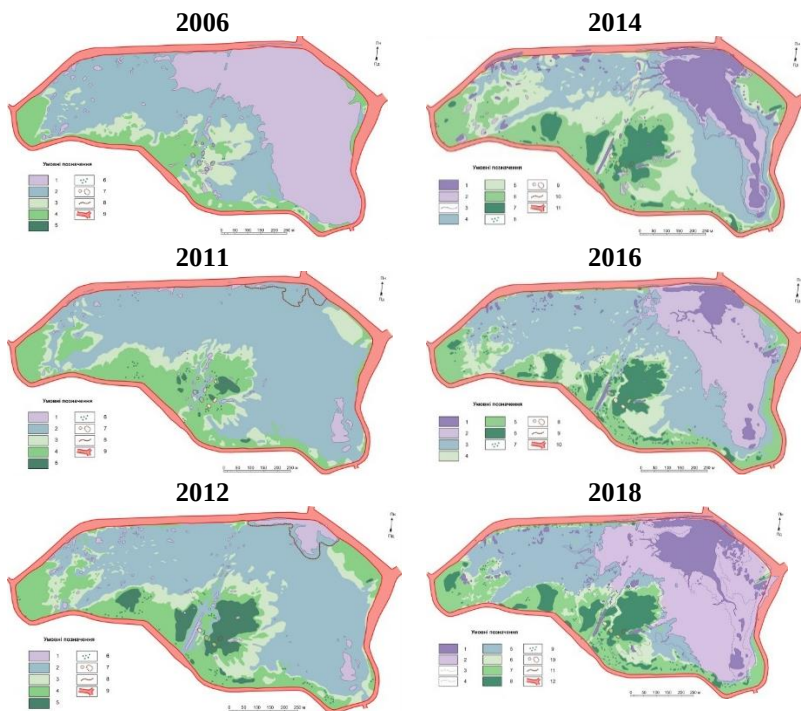


Рис. 4. Формування рослинних угруповань в межах першої секції Стебницького хвостосховища (на основі дешифрування космознімків 2006–2018 рр.)²⁹

²⁸ Там само.

²⁹ Там само.

Умовні позначення (для картосхеми 2018 р.):

1 – водойми солоні станом на 28 квітня 2018 р.; 2 – водойми солоні станом на 11 вересня 2018 р.; 3 – підтоплені зони станом на 28 квітня 2018 р.; 4 – підтоплені зони станом на 11 вересня 2018 р.; 5 – плоскі сильнозасолені поверхні, без ознак рослинності; 6 – плоскі, дещо припідняті засолені поверхні з лучно-болотними угрупованнями; 7 – плоскі припідняті слабозасолені поверхні з чагарниково-лучними угрупованнями; 8 – плоскі припідняті слабозасолені поверхні з деревно-чагарниковими угрупованнями; 9 – окремі дерева; 10 – насипні горби; 11 – котлован водойми; 12 – дамби.

За допомогою дешифрування космознімків визначено головні тенденції зміни кількості та площ ділянок, що зайняті деревно-чагарниковими, чагарниково-лучними і лучно-болотними угрупованнями (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка утворення рослинних угруповань в межах першої секції Стебницького хвостосховища³⁰

Рік зміняння	Деревно-чагарникові угруповання			Кількість окремих дерев, од.	Чагарниково-лучні і лучно- болотні угруповання		
	Кількість, од.	Площа, га	Частка від загальної площі, %		Кількість, од.	Площа, га	Частка від загальної площі, %
2006	0	0	0	13	19	15,69	22,08
2011	7	0,67	0,94	45	19	21,51	30,27
2012	7	4,42	6,22	75	57	23,54	33,13
2014	16	4,86	6,84	66	36	32,69	46,00
2016	61	4,59	6,46	84	73	17,91	25,20
2018	42	5,59	7,87	102	22	16,12	22,69

У 2006 р. в межах досліджуваної території зустрічалися лише поодинокі дерева, а окраїнні частини карти заростали головню галофітними і гідрофітними рослинами, зокрема солонцем європейським (*Salicornia europaea*), безкільницею (*Puccinellia distans*) та очеретом звичайним (*Phragmites australis*). Площа піонерних угруповань становила 15,69 га (22,08 % від загальної площі, є

арти). Більшість поверхонь залишалися сильно засоленими і без ознак рослинності. Це пов'язано із засоленням ґрунтосумішей у зв'язку

³⁰ Іванов Є., Ковальчук І. Аналіз формування рослинних угруповань в межах Стебницького хвостосховища на основі дешифрування космознімків. *Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні-2020*: зб. матер. VIII-ї міжнарод. наук.-практ. конф. Київ, 2020. С. 186–189.

з підняттям засолених вод водоймою, яка займала 45 % площі карти намивання³¹.

Вже у 2011–2012 рр., у західній і південно-центральної частинах карти, з'явилися ділянки деревно-чагарникової рослинності, зафіксовано сім ділянок загальною площею 4,42 га. В них поширюється береза поникла (*Betula pendula*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), осика (*Populus tremula*), верба ламка (*Salix fragilis*) і козяча (*Salix caprea*), обліпиха звичайна (*Hippophae rhamnoides*) та шипшина собача (*Rosa canina*). Особливістю заростання території залишається формування піонерних стадій з рослин галофітних екологічних груп, на які припадає 23,54 га. Зазначимо, що на піонерних стадіях відсутні представники автохтонної флори³².

Загалом, появі піонерних видів рослин передувало осушення субстрату у першій секції. У 2008–2012 рр. рівень води у водоймах суттєво знизився, що дало змогу поширитися лучно-болотній рослинності на раніше сильнозасолені ділянки. Як наслідок, у 2014 р. зафіксовано максимальні площі цих угруповань (32,69 га), а рослинний покрив вкрив понад половину досліджуваної території (52,84 %) (рис. 5).

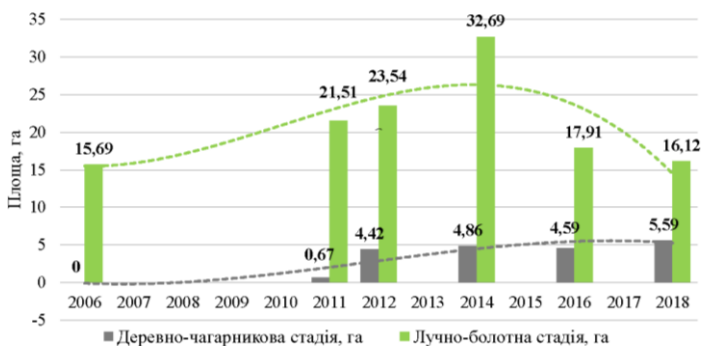


Рис. 5. Динаміка площ формування рослинного покриву у 2006–2018 рр.³³

³¹ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

³² Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України. Київ–Чернівці: Букрек, 2019. Т. 2. С. 376 с.

³³ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

При цьому відбулася поступова диференціація фітоценозів за градієнтами вологості та засолення ґрунтосуміші. Швидкому вимиванню солей сприяє триразове переважання кількості атмосферних опадів над випаровуванням. Стає різноманітнішим склад лучно-болотної рослинності за рахунок куничника наземного (*Calamagrostis epigejos*), лядвинця рогатого (*Lotus corniculatus*), полина звичайного (*Artemisia vulgaris*) тощо. Загалом, для хвостосховища описано три основні стадії трав'яної сукцесії³⁴.

На жаль, у 2016–2018 рр. спостерігалось стрімке скорочення площ, що зайняті лучно-болотними угрупованнями (16,12 га), зумовлене посиленням засолення у зв'язку із черговим значним підняттям рівня водойми. Водночас продовжує зростати кількість ділянок та площі під деревно-чагарниковими угрупованнями на площах, що зазнають регулярного затоплення (5,59 га)³⁵. Формування ґрунтового і рослинного покривів продовжується. Інтенсивність утворення фітоценозів зумовлена добрим дренаванням субстрату і вимиванням солей із субстрату з вищих місць у пониженні. Відносно перевищення між різними піонерними угрупованнями становить лише 20–30 см, тому на сильнозасолених поверхнях починають виникати припідняті «острови» солонця європейського. Водночас відзначимо поступове підняття рівня води у водоймі, що впливає на засолення і пошкодження існуючих рослинних угруповань. На земній поверхні і рослинах формуються кристали мірабіліту і гіпсу.

4. Функціонування постмайнінгових геосистем в умовах періодичного затоплення

З метою в'яснення чинників, що причинили скорочення площ, що зайняті рослинними угрупованнями в межах першої секції Стебницького хвостосховища у період від квітня 2020 до травня 2021 р. проведено відбір та аналіз проб води із внутрішніх водойм різного об'єму, а також затоплених карстових форм і карстопровальних понижень. Відбір проб води здійснювали з 12-ти пунктів протягом року. Ці пункти розміщено у верхній, центральній та нижній частинах секції хвостосховища (рис. 6). Географічні координати пунктів зазначено у таблиці 2.

³⁴ Сашук Л. З. Особливості формування рослинного покриву на територіях гірничих розробок міст Борислава і Стебника. *Проблеми екології та екологічної освіти* : матер. V-ї міжнарод. конф. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2006. С. 118–120.

³⁵ Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio*. 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>



Рис. 6. Пункти відбору проб води в межах першої секції Стебницького хвостосховища (на космознімку Google Earth Pro від 23 березня 2019 р., після спускання розсолів)

Таблиця 2

Географічні координати пунктів відбору проб

№ пункту	Географічна широта	Географічна довгота
1	49°18'42.71" Пн	23°33'41.55" Сх
2	49°18'38.29" Пн	23°33'48.64" Сх
3	49°18'41.85" Пн	23°34'05.15" Сх
4	49°18'42.07" Пн	23°34'07.88" Сх
5	49°18'41.44" Пн	23°34'09.21" Сх
6	49°18'40.07" Пн	23°34'10.49" Сх
7	49°18'39.49" Пн	23°34'12.20" Сх
8	49°18'37.27" Пн	23°34'14.25" Сх
9	49°18'36.27" Пн	23°34'16.39" Сх
10	49°18'39.40" Пн	23°34'18.61" Сх
11(A)	49°18'42.97" Пн	23°34'21.31" Сх
12(B)	49°18'53.35" Пн	23°34'36.17" Сх

При цьому намагалися максимально охопити особливості природних умов досліджуваних постмаїнінгових геосистем.

Розглянемо результати отриманого геоекологічного дослідження, що проведено у період від квітня 2020 р. до квітні 2021 р. Протягом року, із середньою періодичністю у 57 діб (до двох місяців), за певним маршрутом здійснено польові обстеження із відбиранням головно одинадцяти-дванадцяти проб води (табл. 3). В окремих випадках відбір

проб води був унеможливлений через перезволоження оточуючих водойму ділянок.

Таблиця 3

Результати вимірювання солоності водойм в межах першої секції Стебницького хвостосховища, у г/дм³

Пункт відбору	Дата								
	9 квітня 2020 р.	23 травня 2020 р.	8 липня 2020 р.	29 серпня 2020 р.	10 жовтня 2020 р.	12 січня 2021 р.	17 березня 2021 р.	28 квітня 2021 р.	Середній показник
1	б/п	271	213	65	45	б/п	б/п	б/п	148,50
2	б/п	53	81	55	47	37	10	24	43,80
3	б/п	39	22	42	33	16	1	21	25,28
4	46	30	28	19	30	22	17	16	26,20
5	б/п	б/п	4	57	7	19	7	27	20,16
6	б/п	17	15	35	8	10	0	2	14,50
7	б/п	137	86	180	15	67	46	55	83,70
8	2	0	0	б/п	1	2	0	15	5,00
9	б/п	б/п	15	84	36	14	3	23	29,10
10	б/п	56	41	104	35	6	0	12	42,30
11(A)	б/п	б/п	8	19	21	18	0	3	13,80
12(B)	75	56	17	52	18	31	4	13	33,25
Середнє значення	41,13	73,22	44,17	64,73	21,67	22,00	8,00	19,18	
Кількість	3	11	12	11	12	11	11	11	
Періодичність відбору	старт	44 доби	46 діб	52 доби	42 доби	94 доби	64 доби	41 доба	

Примітка: б/п – без відбору проби.

Найвищі показники солоності води зафіксовано у пункті відбору 1 і становлять 271 г/дм³. Високі значення (понад 100–150 г/дм³) також властиві для проб розсолів, що відібрані у пунктах відбору 7 і 10. Усі ці водні об'єкти розміщені в межах сильнозасолених поверхонь, які без ознак рослинності. При цьому підвищені показники припадають на літній період (зафіксовано від 23 травня до 29 серпня 2020 р.). Це зумовлено переважанням у цей період об'ємів випаровування над кількістю опадів. Хоча у літні місяці випадає значна кількість опадів (понад 210 мм), спостерігається інтенсивне випаровування (до 300 мм). Це призводить до сезонного пониження рівня водойм та появи на їхніх берегах сильно засолених поверхонь із чисельними виступами білих кристалів солі-мірабіліту.

Водночас навіть у літній період спостерігаємо невеликі заглибини з водоймами в яких вода є прісною, солонуватою (до 3 г/дм³) чи слабосолоною (до 10 г/дм³). Більшість із цих водних об'єктів розміщено на припіднятих ділянках хвостосховища, у міжгорбистих місцевостях з чагарниково-лучними і деревно-чагарниковими угрупованнями. Ці місцевості на сьогодні володіють сприятливими природними умовами, в яких формується рослинний покрив, спочатку з біднішими лучно-болотними, а потім різноманітними чагарниково-лучними і деревно-чагарниковими угрупованнями.

Загалом, середньорічні показники вимірювання солоності у водоймах першої секції хвостосховища виявили суттєві відмінності між результатами на окремих пунктах відбору (рис. 7). Найвищі значення спостерігаємо у пунктах відбору 1 (148,5 г/дм³) і 7 (83,7 г/дм³), де постійно накопичено розсоли. Ці водойми розміщено у різних ділянках секції і між собою не зв'язані: перша – у віддаленій його верхній частині із слабпромивними умовами, а друга – штучно створена траншея в його центральній частині, що понижує рівень ґрунтових (підповерхневих) вод, але також накопичує розсоли з оточуючих місцевостей.

Для більшості пунктів відбору властиві дуже солоні води із середніми показниками солоності від 25,3 до 43,8 г/дм³. Ці пункти головно сформовано у карстових і карстопровальних формах та розкидано по всій території першої секції хвостосховища. Більшість з них розміщено вздовж межі просторів без жодних ознак рослинності та із піонерними лучно-болотними угрупованнями. У пункті відбору 5, у карстовій формі спостерігаємо солоні води (20,2 г/дм³). У процесі підняття рівня головної водойми чимало пунктів відбору затоплено, що вплинуло на показники солоності води.

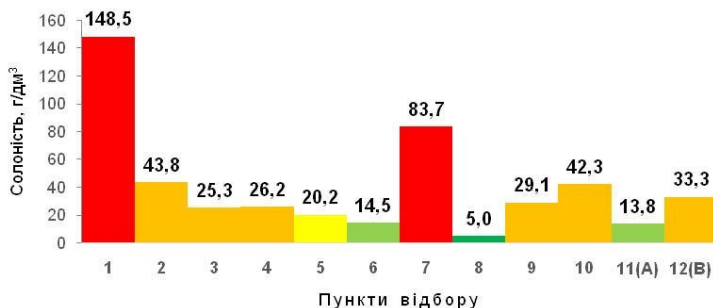


Рис. 7. Середні показники солоності води в межах окремих пунктів відбору

Кольором позначено води: темно-зелений – солонуваті; зелений – слабосолоні; жовтий – солоні; оранжевий – дуже солоні; червоний – розсоли (ропа).

Дуже солоні води (до 75 г/дм^3) також спостерігаємо в межах остаточної водойми першої секції Стебницького хвостосховища, що розміщена у її північно-східній пониженій частині. Варто відзначити, що площа цієї водойми постійно змінюється та була найменшою після чергового спускання у другу секцію хвостосховища, що розміщена через дамбу, суттєво нижче за рівнем. Останнє спускання водойми відбулося наприкінці 2019 р., що підтверджує зображення космознімку *Google Earth Pro* (рис. 8а). Протягом всього досліджуваного періоду відбувалося поступове підняття рівня води в головній водоймі, яке зафіксовано на трьох пізніших космознімках (рис. 8б-г). Візуально виявлено, що рівень водойми змінився щонайменше на 2,0–2,5 м.

За результатами геоекологічного дослідження виявлено, що середньорічні значення солоності головної водойми становлять $33,25 \text{ г/дм}^3$. При цьому слід зауважити, що у процесі швидкого наповнення водойми солоність води суттєво знижується – від 75 г/дм^3 (розсоли) на початку чергового наповнення й до 13 г/дм^3 (слабосолоні води) на стадії наближеній до максимального рівня. У зв'язку з продовженням наповнення водойми варто очікувати подальшого зниження його солоності. Водночас, недоліком цього процесу є систематичне затоплення і підтоплення зон формування рослинного покриву солонуватими водами у припіднятих ділянках хвостосховища.

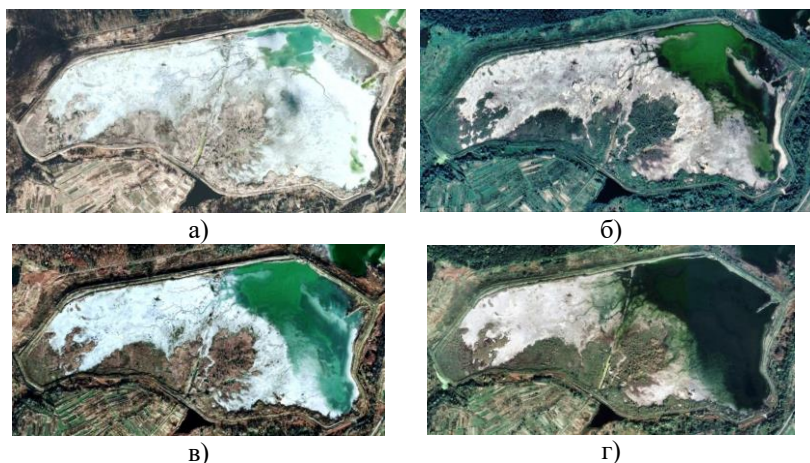


Рис. 8. Інтенсивність наповнення головної водойми в межах першої секції Стебницького хвостосховища (на основі космознімків *Google Earth Pro*: а) від 22 лютого 2020 р.; б) 14 вересня 2020 р.; в) 19 листопада 2020 р.; г) 6 жовтня 2021 р.

На жаль, під час російської збройної агресії проти України проведення геоекологічних досліджень в межах Стебницького хвостосховища не можливе. Існує потреба у подальшому вивченні території з метою визначення умов формування і функціонування постмайнінгових геосистем.

ВИСНОВКИ

На основі викладених геоданих пропонуємо такі висновки:

1. В межах Стебницького хвостосховища відбувається процес формування постмайнінгових ландшафтів екстракційного походження, який супроводжує інтенсивне засолення поверхні. Серед екстракційних геосистем домінують плоскі похилі поверхні першої секції хвостосховища, які зовні обваловані дамбами та утворюють замкнені безстічні ділянки та потребують періодичного регулювання рівня остаточної водойми.

2. Заповнення хвостосховища відіграв важливу рельєфоутворювальну роль, наслідком чого є виникнення окремих припіднятих ділянок. Власне в межах цих ділянок сформувалися природні умови для утворення рослинних угруповань різних стадій сукцесії – від піонерних лучно-болотних до усталених деревно-чагарникових угруповань.

3. Дешифрування космознімків дало змогу виявити просторово-часові закономірності формування та окреслити ділянки рослинних угруповань в межах першої секції Стебницького хвостосховища. При цьому виокремлено різні лучно-болотні, чагарниково-лучні і деревно-чагарникові угруповання на поверхнях із різним рівнем засолення. Власне ці угруповання утворюють сукцесійний ряд у формуванні рослинного покриву постмайнінгових геосистем хвостосховища.

4. На основі аналізу показників солоності у досліджуваних водоймах першої секції хвостосховища виявлено суттєві відмінності між результатами на окремих пунктах відбору. Найвищі значення спостерігаємо у пунктах відбору 1 ($148,5 \text{ г/дм}^3$) і 7 ($83,7 \text{ г/дм}^3$), де накопичено розсоли. Для інших пунктів відбору властиві дуже солоні води із показниками солоності від 25,3 до $43,8 \text{ г/дм}^3$.

5. За результатами дослідження визначено, що середньорічні значення солоності головної водойми становлять $33,25 \text{ г/дм}^3$. При цьому зауважимо, що у процесі швидкого наповнення водойми солоність води суттєво знижується – від розсолів (75 г/дм^3) на початку чергового наповнення й до слабосолоних вод (13 г/дм^3) на стадії наближеній до максимального рівня, перед їх спуском. У зв'язку з продовженням наповнення водойми варто очікувати подальшого зниження його солоності.

6. Умови формування та сучасний геоекологічний стан постмайнінгових геосистем першої секції Стебницького хвостосховища зумовлений процесами його періодичного затоплення. Для утворення

усталеного рослинного покриву слід не допускати підняття рівня головної водойми до критичних показників.

АНОТАЦІЯ

ПАТ Стебницьке ГХП «Полімінерал» є гірничо-хімічним підприємством, що розташоване неподалік м. Стебник Дрогобицького району Львівської області. Від 1988 р. підприємство не функціонує, але продовжує належати до екологічно небезпечних об'єктів Львівщини. Підприємство виробляло калійно-магнієві добрива, що призводило до утворення значних об'ємів гірничопромислових відходів. Відходи збагачення солей транспортували трубопроводами у хвостосховище, розміщене у долині р. Солониця. У 1983 р. після сильних злив відбувся прорив дамби, внаслідок чого величезні маси ропи та мулу ринули долинами річок Солониці, Тисмениці і Дністра, аж до Чорного моря. Потужний селевий потік виніс понад 5 млн т, що призвело до засолення заплав і низьких терас водотоків, завдало шкоди гідробіотам.

В межах Стебницького хвостосховища відбувається процес формування постмаїнінгових ландшафтів екстракційного походження, який супроводжує інтенсивне засолення поверхні. Серед геосистем домінують плоскі похилі поверхні першої секції хвостосховища, які обваловані дамбами та утворюють замкнені безстічні ділянки та потребують періодичного регулювання рівня остаточної водойми. Заповнення хвостосховища відіграє рельєфоутворювальну роль, наслідком чого є виникнення припіднятих ділянок. Власне в межах цих ділянок сформувалися природні умови для утворення рослинних угруповань різних стадій сукцесії. Дешифрування космознімків дало змогу виявити просторово-часові закономірності формування рослинних угруповань в межах першої секції хвостосховища. Виокремлено лучно-болотні, чагарниково-лучні і деревно-чагарникові угруповання на поверхнях із різним рівнем засолення.

На основі аналізу показників солоності у досліджуваних водоймах першої секції хвостосховища виявлено суттєві відмінності між результатами. Найвищі значення спостерігаємо у пунктах відбору 1 ($148,5 \text{ г/дм}^3$) і 7 ($83,7 \text{ г/дм}^3$), де накопичено розсоли. Для інших пунктів відбору властиві дуже солоні води із показниками солоності від 25,3 до $43,8 \text{ г/дм}^3$. Середньорічні значення солоності головної водойми становлять $33,25 \text{ г/дм}^3$. У процесі наповнення водойми солоність води суттєво знижується – від розсолів (75 г/дм^3) на початку наповнення й до слабосолоних вод (13 г/дм^3) на стадії максимального рівня, перед їх спуском. Умови формування та геоекологічний стан постмаїнінгових геосистем першої секції хвостосховища зумовлений його періодичним затопленням. Для утворення сталого рослинного покриву слід не допускати підняття рівня головної водойми до критичних показників.

Література

1. Білоніжка П., Дяків В. Стебницьке родовище калійних солей: розроблення, відходи збагачення руд, проблеми охорони довкілля. *Праці наукового товариства ім. Т. Шевченка: Геол. зб.* 2012. Т. XXX. С. 199–209.
2. Білоніжка П., Дяків В. Хімічний та мінералогічний склад відходів збагачення калійних руд Стебницького родовища та їхній вплив на довкілля. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* 2009. Вип. 23. С. 162–174.
3. Данілова О. А. Сучасна ландшафтна структура гірничопромислових територій (на прикладі Олександрійського буровугільного району). *Наук. зап. Вінниц. держ. педагог. ун-ту ім. М. Коцюбинського. Сер.: Геогр.* 2007. Вип. 13. С. 45–54.
4. Дяків В., Кицмур І. Природно-техногенні причини та еколого-геохімічні наслідки гідродинамічної аварії 15 вересня 1983 р. на Стебницькому хвостосховищі. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* 2016. Вип. 30. С. 106–124.
5. Дяків В., Цар Х. Модель вилуговування, закарстовування та самоізоляції легкорозчинних солей з приповерхневих соляно-глинистих відкладів хвостосховищ і солевідвалів калійних родовищ Передкарпаття. *Мінерал. зб. Львів. ун-ту.* 2010. № 60. Вип. 2. С. 136–147.
6. Іванов Є. Методика еколого-ландшафтознавчого картографування гірничо-видобувних територій. *Наук. вісн. Чернівець. ун-ту.* 2001. Вип. 104. С. 207–213.
7. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.
8. Іванов Є. Ландшафтознавчо-географічний аналіз екологічної ситуації в районі Стебницького ДГХП «Полімінерал». *Україна та глобальні процеси: географічний вимір* : матер. VIII-го з'їзду УГТ. Київ, 2001. Т. 4. С. 41–44.
9. Іванов Є. А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація : автореф. дисер. ... д-ра геогр. н. Київ, 2017. 40 с.
10. Іванов Є. А., Андрейчук Ю. М., Лобанська Н. І. Проблеми геоінформаційного моделювання гірничопромислових геосистем. *Фіз. геогр. та геоморф.* 2005. Вип. 48. С. 180–186.
11. Іванов Є., Ковальчук І. Аналіз формування рослинних угруповань в межах Стебницького хвостосховища на основі дешифрування космоснімків. *Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні-2020*: зб. матер. VIII-ї міжнарод. наук.-практ. конф. Київ, 2020. С. 186–189.
12. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Наук. вісн. Чернівець. ун-ту.* 2012. Вип. 612–613. С. 54–59.
13. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Закономірності формування і функціонування геосистем Стебницького хвостосховища. *Geo&Bio.* 2021. Т. 20. С. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.15407/gb2008>

14. Кицмур І. І., Дяків В. О. Ретроспективний геоекологічний аналіз гідродинамічної аварії 15 вересня 1983 р. на Стебницькому хвостосховищі та геохімічних наслідків катастрофічного виливу розсолів у басейн Верхнього Дністра. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матер. 3-ї наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 297–302.

15. Ковальчук І. П., Іванов Є. А., Ключник В. В. Картографування геоекологічного стану природно-господарських систем гірничопромислових територій. *Часопис картографії*. 2011. Вип. 2. С. 129–137.

16. Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України. Київ–Чернівці, 2019. Т. 1. 464 с.; Т. 2. С. 376 с.

17. Сашук Л. З. Особливості формування рослинного покриву на територіях гірничих розробок міст Борислава і Стебника. *Проблеми екології та екологічної освіти* : матер. V-ї міжнарод. конф. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2006. С. 118–120.

18. Хевпа З., Кицмур І., Дяків В. Хвостосховище Стебницького ГХП «Полімінерал»: сучасний стан, шляхи покращення стану довкілля та забезпечення екологічної безпеки. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* 2023. Вип 37. С. 56–71. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgl.37.05>

19. Яцентюк Ю. В. Водогосподарські антропогенні парагенетичні ландшафтні системи. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. Вип. 3–4. С. 147–152.

Information about the authors:

Ivanov Yevhen Anatoliyovych,

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Head of the Department of Constructive Geography and Cartography
Ivan Franko National University of Lviv
41, Doroshenko str., Lviv, 79007, Ukraine

Ostapyuk Oleksandr Lyubomyrovych,

Postgraduate Student,
Department of Constructive Geography and Cartography
Ivan Franko National University of Lviv
41, Doroshenko str., Lviv, 79007, Ukraine

Kornus Anatolii Oleksandrovych,

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of General
and Regional Geography
Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko
87, Romenska str., Sumy, 40002, Ukraine