GEO&BIO

2021 • vol. 20, pp 58–69
https://doi.org/10.15407/gb2008

Закономірності формування та функціонування геосистем Стебницького хвостосховища

Євген А. Іванов[1]

Іван П. Ковальчук[2]

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка (м. Львів, Україна)
[2]Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

Patterns of formation and functioning of geosystems of Stebnyk tailings dam. — E. A. Ivanov, I. P. Kovalchuk. — The specifics of the landscape structure within the first section of the Stebnyk tailings dam are considered. Two landscape terrains (of natural and anthropogenic genesis), 3 separate landscape belts, 8 types of landscape tracts, and 30 types of landscape sub-tracts have been identified. Geosystems are dominated by flat sloping surfaces of the tailings dam, the external embanked of which forms closed drainless areas requiring systematic regulation of the level of the final reservoir. Features of filling the tailings surfaces played an important relief-forming role. At the same time, there were raised areas (0.5–2.5 m) confined to the southern and south-western parts of it. Actually, conditions for the formation of tree-bush and meadow-marsh vegetation of different stages of succession were created in these areas. Spatial-temporal regularities of the occurrence and development of plant communities within the first section of the Stebnyk tailings dam were determined based on the decryption of space images for 2006–2018. Primary meadow-marsh, bush-meadow, and tree-bush communities on surfaces with different levels of salinization were distinguished. In fact, these communities form the primary succession series in the formation of vegetation cover of post-mining geosystems. To decipher the boundaries of plant communities, 16 space images were obtained from the publicly available *Google Earth Pro* program. The tendencies of changes in the number and area of the plots occupied by different plant groups have been determined. Currently, the area of tree-bush communities is 5.59 hectares (7.87 % of the total area). Bush-meadow and meadow-marsh communities recorded an intensive increase in areas by 2014, followed by a rapid decrease caused by salinization of areas due to significant elevations of the reservoir's level. In 2014, maximum areas of plant communities (37.55 ha) were identified, covering more than half of the study area (52.84 %), and in 2018 they occupied 21.71 ha (30.55 %). The gradual differentiation of phytocoenoses by moisture gradients and soil salinization continues. To maintain the rate of overgrowth of the first section of the Stebnyk tailings dam, it is necessary to reduce the level of brines regularly.

Key words: geosystem, tailings dam, functioning, plant communities.

Вступ

У 1966–1988 рр. хімічна збагачувальна фабрика Стебницького ДГХП «Полімінерал» виробляла калійно-магнієві добрива (каліймагнезію), виготовлення яких призводило до утворення чималих об'ємів гірничопромислових відходів. Відходи збагачення калійних і магнієвих солей транспортувалися трубопроводами у хвостосховище, розміщене на північно-східній околиці м. Стебника Львівської обл., у долині р. Солониця. Обсяги гірничопромислових відходів сягали 700–900 м^3/добу. Стебницьке хвостосховище площею 125 га складається із двох секцій: першої, верхньої, що заповнена здебільшого твердими відходами та другої, нижньої — наповненої ропою і мулом. Головну увагу присвячено дослідженню геосистем першої секції хвостосховища (рис. 1).

У першій секції розміщено майже 20 млн. т соляно-глинистих відходів флотації. Внаслідок взаємодії атмосферних опадів і відкладів відбувається вилуговування солей та утворення вторинної ропи (концентрація понад 10–25 г/дм^3), яка лінійними ерозійними формами стікає у понижені ділянки першої секції. У другій секції зберігається до 3 млн м^3 ропи, при цьому вміст солей змінюється від 151,26 г/дм^3 на водній поверхні до 437 г/дм^3 в його придонній частині (Білоніжка & Дяків 2009).

Correspondence to: E. A. Ivanov; Ivan Franko National University of Lviv; 41 Doroshenko St, Lviv, 79000 Україна; e-mail: eugen_ivanov@email.ua, orcid: 0000-0001-6847-872X

Рис. 1. Досліджувані геосистеми Стебницького хвостосховища (контур виділено жовтим).

Fig. 1. Researched geosystems of Stebnyk tailings dam (highlighted with yellow border).

На початку 80-х років минулого століття обсяги гірничопромислових відходів досягли критичних відміток. У 1983 р. після сильної зливи відбувся прорив дамби й величезні маси високомінералізованої ропи і мулу ринули долинами річок Солониці, Тисмениці і Дністра аж до Чорного моря. Потужний селевий потік виніс понад 5 млн т відходів, що призвело до засолення заплав і низьких терас водотоків та завдало шкоди гідробіонтам. Від того часу об'єми виробництва калійно-магнієвих добрив у Стебнику суттєво зменшилися, а у 1988 р. закрито збагачувальну фабрику. За умов додатного водного балансу із переважанням кількості опадів над випаровуванням (1,04 млн м^3/рік) сьогодні залишається ризик повторного прориву дамби, тому частину ропи із хвостосховища періодично скидають у водотоки.

Після закриття збагачувальної фабрики і припинення надходження відходів флотації на плоских засолених поверхнях першої секції виникли піонерні рослинні угруповання. Швидкість їхнього розвитку за останні 10–15 років суттєво зросла, однак залишилося чимало запитань. Проведені польові еколого-ландшафтні дослідження і дешифрування космознімків за відповідний період дали змогу виявити закономірності формування і функціонування геосистем та окреслити межі піонерних ділянок рослинних угруповань на території першої секції Стебницького хвостосховища.

Матеріали і методи

Для ландшафтно-екологічного картографування і ГІС-моделювання геосистем Стебницького хвостосховища використано план гірничих робіт 1992 р., який відповідає етапу завершення експлуатації хвостосховища і містить топографічну основу масштабу 1 : 2 000. За допомогою цієї топооснови побудовано цифрову модель рельєфу і морфометричні моделі крутизни та експозиції схилів (рис. 2). Для дешифрування меж рослинних угруповань використано 16 космічних знімків, які отримані із доступної програми *Google Earth Pro*. Підготовлені і прив'язані до цифрової моделі рельєфу першої секції хвостосховища, космознімки охоплюють період від 3 липня 2006 р. до 11 вересня 2018 р.

Науково-методологічною основою проведеного дослідження послужила концепція конструктивно-географічного аналізу сучасного екологічного стану геосистем і вирішення проблем оптимізації гірничопромислових територій (Іванов 2007, 2017; Рудько *et al.* 2019 *a–b*; Larondelle & Haase 2012). Вона ґрунтується на положеннях ландшафтної екології та використанні ландшафтного, геосистемного і геоекологічного підходів. Виокремлення ландшафтних одиниць здійснено на основі запропонованих авторами підходів до діагностування і моделювання природних, антропогенно-модифікованих та антропогенних геосистем (Іванов & Ковальчук 2012).

У 1998–2020 рр. в межах Стебницького хвостосховища та оточуючих природно-господарських систем проведено детальні польові ландшафтно-екологічні дослідження, спрямовані на

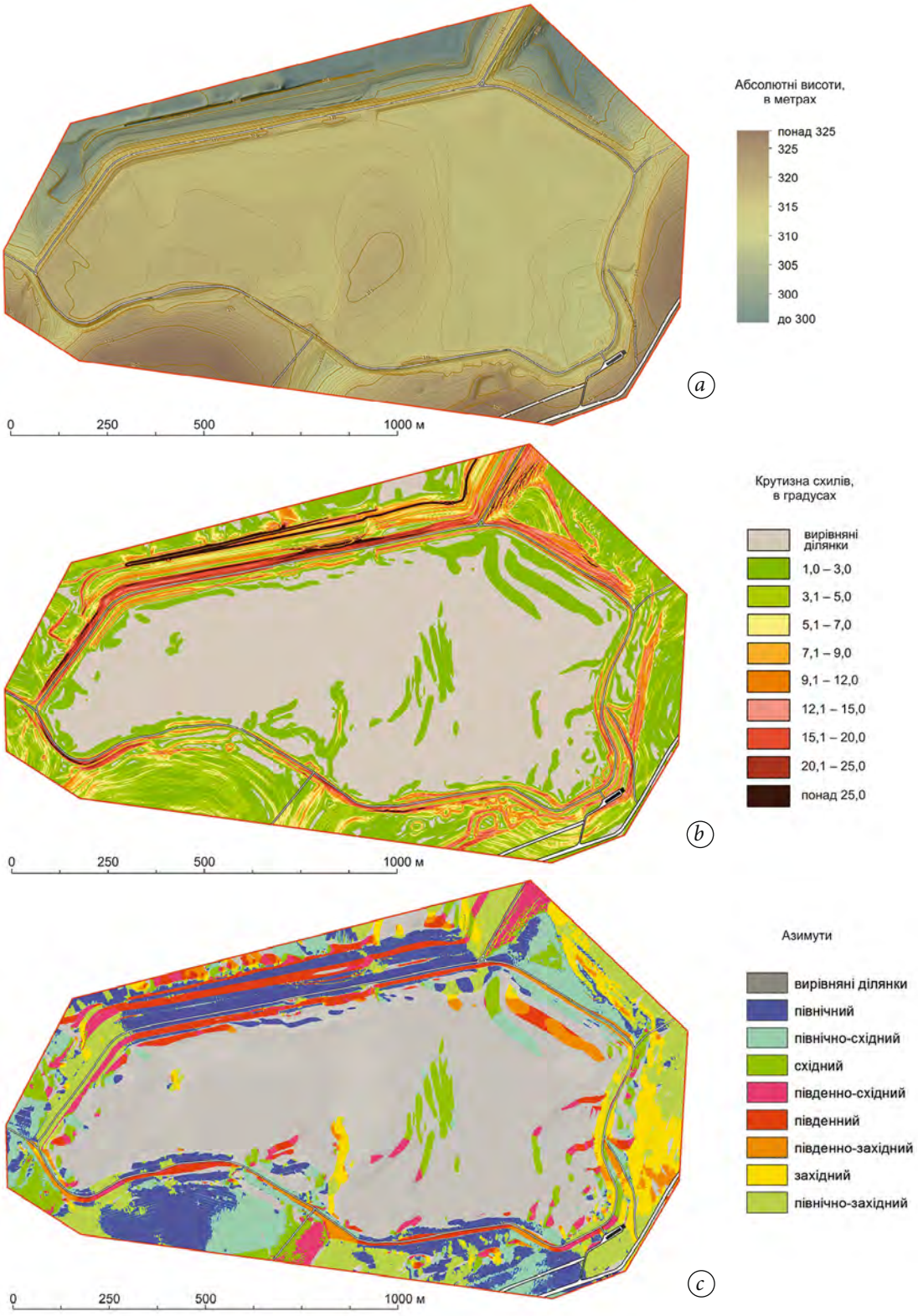


Рис. 2. Морфометричні моделі першої секції Стебницького хвостосховища: *a* — цифрова модель рельєфу; *b* — модель крутизни схилів; *c* — модель експозиції схилів.

Fig. 2. Morphometric models of the first section of Stebnyk tailings dam: *a*) digital elevation model; *b*) model of slope steepness; *c*) model of slope exposure.

вивчення різних антропогенних та природних чинників утворення, функціонування і розвитку геосистем. У дослідженні застосовано методи аналізу і синтезу, індукції і дедукції, ландшафтно-динамічний, ландшафтно-геохімічний та ін. Головну увагу приділено застосуванню методики геоінформаційного (ландшафтно-екологічного) картографування і моделювання гірничопромислових територій та об'єктів (Іванов 2001; Іванов *et al.* 2005; Ковальчук *et al.* 2011, Barinova 2017 та ін.). Дешифрування космознімків, моделювання і візуалізація картографічних геоданих здійснювалося за допомогою ГІС-програми *ArcGIS 10*, графічного редактора *CorelDRAW X7*, програми *MO Excel*, картографічного сервісу *Google Earth Pro* тощо.

Результати та їхнє обговорення

На основі проведених ландшафтно-екологічних досліджень укладено ландшафтну карту модельної ділянки «Стебницьке хвостосховище» масштабу 1 : 2 000, яка охоплює антропогенні геосистеми першої секції хвостосховища та оточуючі його природно-господарські системи, переважно присадибні ділянки (рис. 3). При цьому виокремлено дві місцевості (по одній природного та антропогенного генезису), три окремі смуги (аналоги гірських стрій, за Г. Міллером (Миллер 1974)), вісім видів урочищ і 30 видів підурочищ (на картосхемі показано кольорами, в умовних позначеннях не відображено).

Формування геосистем хвостосховища розпочалося ще на початковій стадії молодості (становлення), впродовж якої колись активно використовуваний людиною гірничопромисловий об'єкт перетворився у «повноцінне», достатньо розвинене ландшафтне утворення. Процес становлення (як і виникнення) геосистем пов'язаний з кількісним та якісним збільшенням тотожної множини її підсистем та окремих елементів (Іванов 2017). На стадії молодості в геосистемі з'являються нові якості природного і функціонального, головно постмайнінгового, генезису. Водночас, на початку формування постмайнінгової геосистеми існують мало вивчені, інколи неоднозначно трактовані процеси їхньої ландшафтної диференціації та подальшої інтеграції. При цьому посилення диференціації підсистем та елементів геосистем продовжує зміцнювати взаємозв'язки між окремими геокомпонентами (Данілова 2007).

В межах Стебницького хвостосховища формуються екстракційні ландшафти. Це єдиний підклас геосистем, який відноситься як до територіального, так й аквального типів гірничопромислових і постмайнінгових геосистем (Рудько *et al.* 2019 *a*). Вони виконували виробниче призначення і використовувалися у технологічній схемі збагачення полімінеральних солей та виготовлення калійно-магнієвих добрив. Екстракційні геосистеми під час експлуатації хвостосховища були багатосекційною гідротехнічною спорудою для складування відходів солезбагачення, які 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 хвостосховища, зовні обваловані дамбами, що утворюють замкнені безстічні ділянки та потребують систематичного регулювання рівня остаточної водойми. При цьому рівень розсолів 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).

В останні 10–15 років активізувалися процеси соляного карсту із утворенням численних карстових понорів і лійок, заповнених розсолами. Кількість активних карстових форм рельєфу нині перевищує 200 од., а площа окремих карстових полів — 200–250 м^2. Більшість карстових утворень розміщено лінійно і є поверхневими проявами неоднорідності глинисто-сольової маси із складною системою карстових тунелів і порожнин.

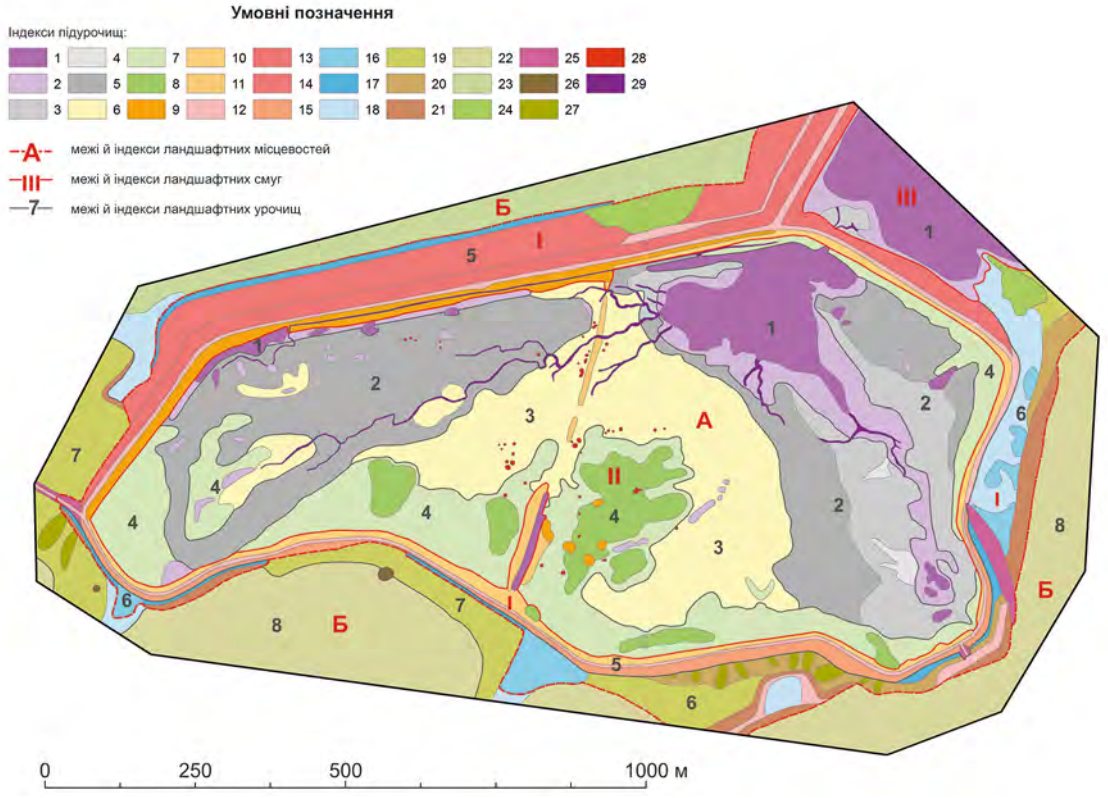


Рис. 3. Ландшафтна структура модельної ділянки «Стебницьке хвостосховище».
Fig. 3. Landscape structure of the model area "Stebnyk tailings dam".

Умовні позначення:

Ландшафтні місцевості: А. Плоскі поверхні хвостосховища, 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 лесоподібними суглинками з дубовими, ялицево-дубовими і дубово-смерековими лісами на бурозем-но-підзолистих і дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах, частково розорані.

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

Ландшафтні урочища: 1. Плоскі мокрі, місцями заболочені, глинисто-сольові поверхні ділянок на чорних глибоко-профільних мокрих сильно засолених субстратах, постійно або періодично заповнені розсолами, без ознак рослинності. 2. Плоскі вологі глинисто-сольові поверхні ділянок на темно-сірих, майже чорних глибоко профільних гідроморфних засолених субстратах, практично без ознак рослинності. 3. Плоскі, дещо припідняті слабо вологі плямисто-смугасті глинисто-сольові поверхні ділянок на сірих та ясно-сірих гігроморфних солон-цювато-солончакуватих субстратах, практично без ознак рослинності. 4. Плоскі припідняті, місцями горбисті, сирі супіщано-глинисто-сольові поверхні ділянок на ясно-сірих глибоко профільних гідроморфних солончакуватих субстратах з піонерною деревно-чагарниковою і трав'яною рослинністю. 5. Сильно покаті 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. Слабо покаті схили, розчленовані широкими балками з фрагментами дубових лісів на дерново-підзолистих оглеєних суглинистих слабо- і середньозмитих ґрунтах, розорані, зайняті присадибними ділянками.

Своєрідну роль у формуванні геосистем Стебницького хвостосховища відіграють ландшафтні смуги, в межах яких виникають специфічні природно-географічні умови. Тіло хвостосховища височіє над оточуючим простором і поділено на дві частини: дамби обвалування і хвости збагачення. Цим частинам властивий різний літологічний склад відкладів, який 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 хвостосховища відіграли важливу, подекуди вирішальну, рельєфоутворювальну роль. У процесі створення його земної поверхні виникали окремі припіднятi ділянки, які приурочені до південних і південно-західних окраїнних частин першої секції. Власне в межах припіднятих лише на 0,5 (до 2,5) м ділянок сформувалися природні умови для росту деревно-чагарникової і болотно-трав'яної рослинності різних стадій сукцесії. Трансформаційні зміни меж піонерної рослинності та періодичні їх розширення і звуження залежать від мікрокліматичних, зокрема і погодних, умов (загальної кількості опадів, співвідношення між сумою опадів і випаровуванням, швидкістю вітру) та пов'язані з існуючим (актуальним) рівнем розсолів в остаточній водоймі й інтенсивністю впливу людської діяльності.

Функціонування геосистем хвостосховища за типом «дамба — штучна водойма» можливе виключно за умов продовження управління її станом людиною, підприємством (Rostański 2000). Якщо людина перестане контролювати і підтримувати систему, існує ризик розмивання дамби і руйнування хвостосховища із втратою власних функції (Яцентюк 2013) та небезпекою повторення екологічної катастрофи.

Варто відзначити, що на етапі виникнення та утворення антропогенних геосистем хвостосховища більшості новоутворень властива нечіткість їхніх меж із надзвичайно змінними просторово-часовими (геодинамічними) параметрами. Окремі ландшафтно-екологічні показники носять виражений сезонних характер. Загалом, особливості ландшафтної структури досліджуваної території відображено станом на 2014–2015 рр. і головні її ознаки до сьогодні збереглися.

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, зайнятих різними піонерними угрупованнями (Іванов, 2017; Рудько *et al.* 2019 *b*): 1) лучно-болотними; 2) чагарниково-лучними; 3) деревно-чагарниковими (рис. 4). Власне ці рослинні угруповання утворюють первинний сукцесійний ряд (стадії самозаростання) у формуванні рослинного покриву геосистем хвостосховища (Іванов & Ковальчук 2020).

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

На незатоплених протягом тривалого часу поверхнях хвостосховища розпочався 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 перезволожений шар товщиною до 2–5 см.

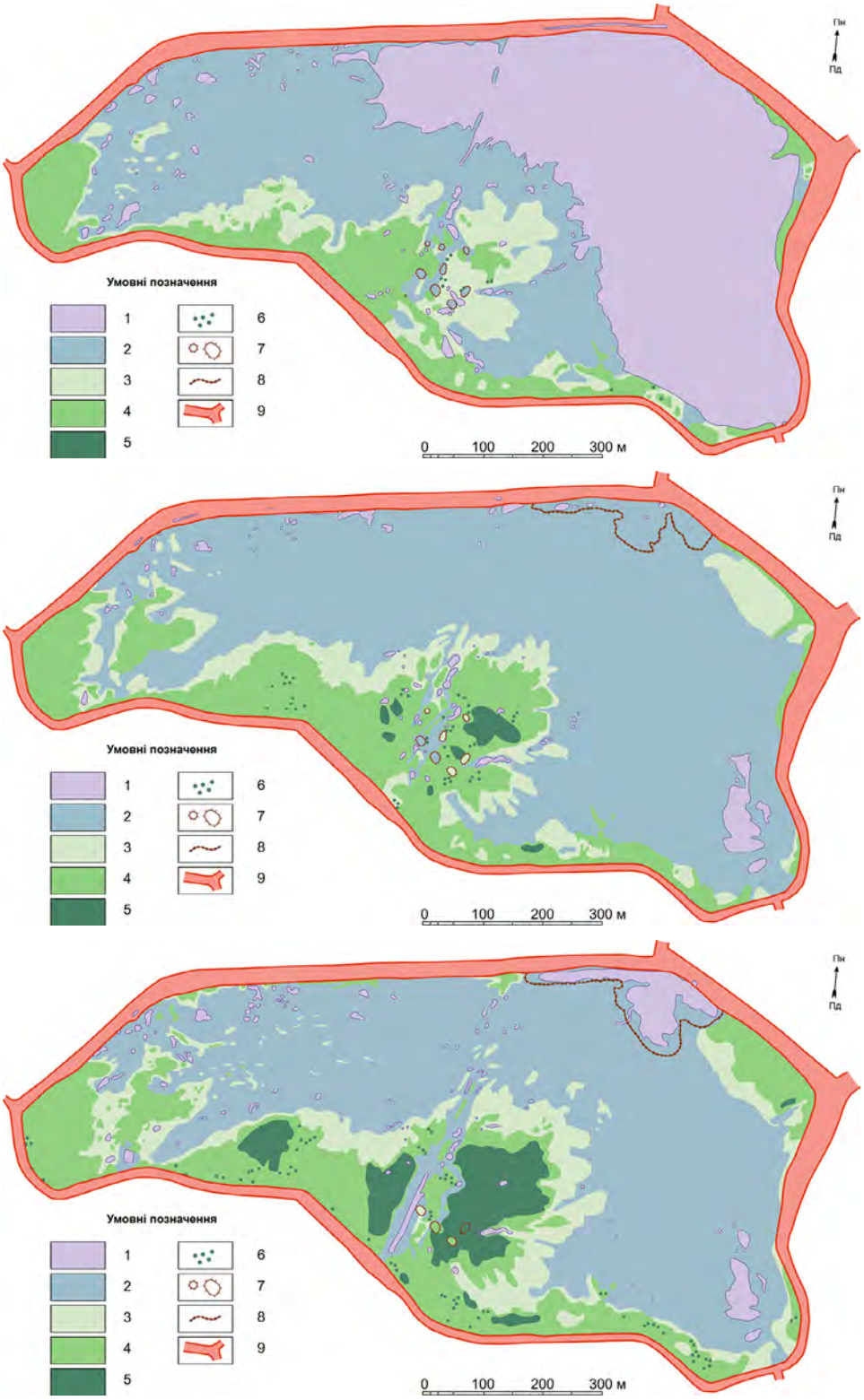
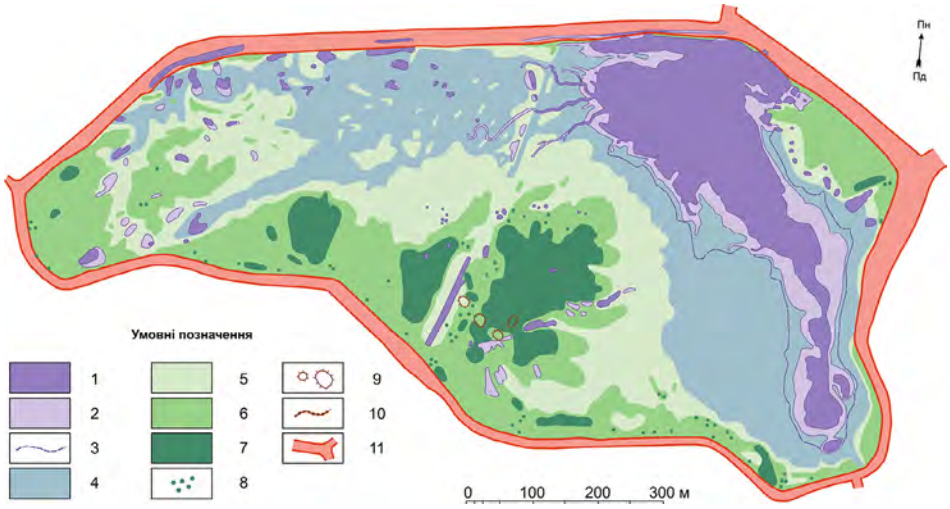
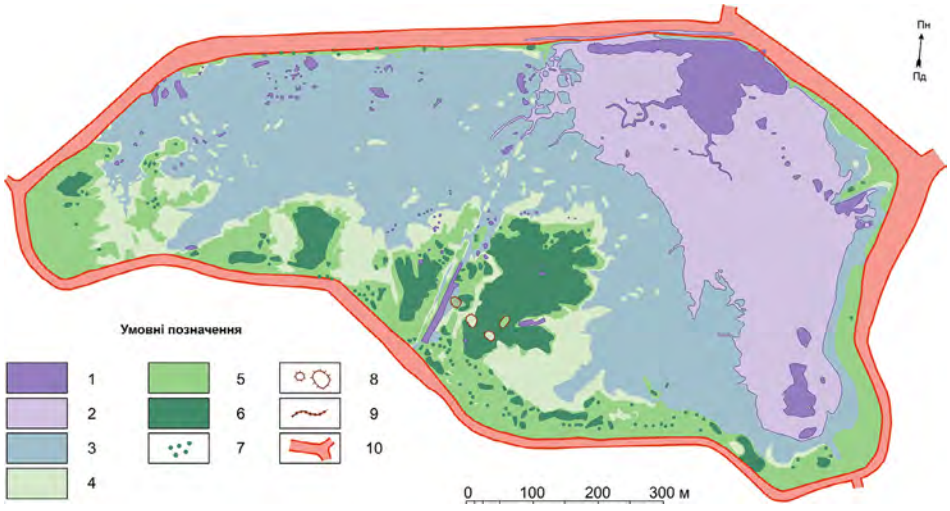


Рис. 4. Формування рослинних угруповань в межах першої секції Стебницького хвостосховища (на основі дешифрування космознімків 2006–2018 рр.).

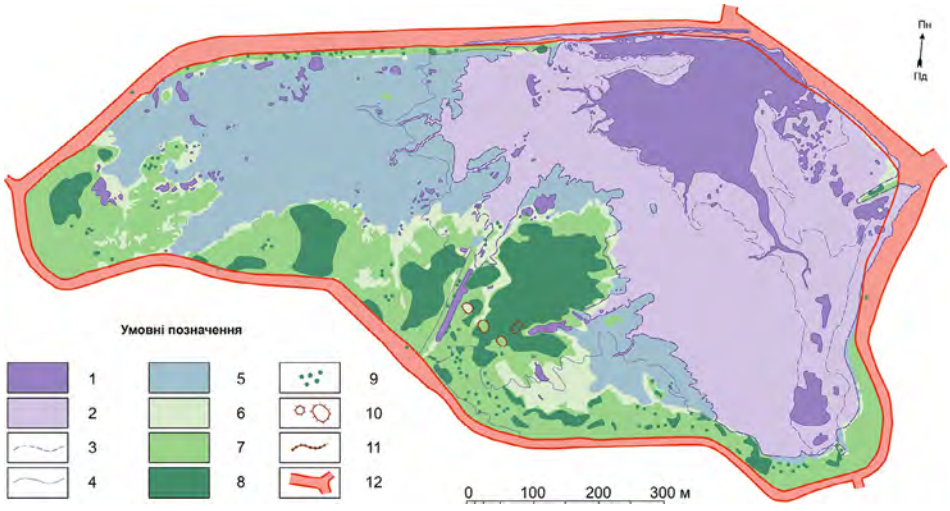
Fig. 4. Formation of plant communities within the first section of Stebnyk tailings dam (based on the decryption of space images for 2006–2018).



2014 р.



2016 р.



2018 р.

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 сильно засолені поверхні, без ознак рослинності; 6 — плоскі, дещо припідняті засолені поверхні з лучно-болотними угрупованнями; 7 — плоскі припідняті слабо засолені поверхні з чагарниково-лучними угрупованнями; 8 — плоскі припідняті слабо засолені поверхні з деревно-чагарниковими угрупованнями; 9 — окремі дерева; 10 — насипні горби; 11 — котлован водойми; 12 — дамби.

Таблиця 1. **Динаміка утворення рослинних угруповань в межах першої секції Стебницького хвостосховища (Іванов & Ковальчук 2020)**

Table 1. **Dynamics of formation of plant communities within the first section of Stebnyk tailings dam (Ivanov & Kovalchuk 2020)**

Рік знімання	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

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

У 2006 р. в межах досліджуваної території зустрічалися лише поодинокі дерева, а окраїнні частини ділянки заростали здебільшого галофітними і гідрофітними рослинами, зокрема солонцем європейським (*Salicornia europaea* L.), покісниця розставлена (*Puccinellia distans*) та очеретом звичайним (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel). Площа піонерних угруповань становила 15,69 га (22,08 % від загальної площі ділянки). Більшість поверхонь залишалися сильно засоленими і без ознак рослинності. Це пов'язано із засоленням ґрунтосумішей у зв'язку з підняттям засолених вод водоймою, яка займала 45 % площі ділянки намивання.

Вже у 2011–2012 рр. у західній і південно-центральній частинах з'явилися ділянки чагарникової рослинності. Тут зафіксовано сім ділянок загальною площею 4,42 га. В них поширюється береза поникла (*Betula pendula* Roth.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), осика (*Populus tremula* L.), верба ламка (*Salix fragilis* L.) і козяча (*Salix caprea* L.), обліпиха звичайна (*Hippophae rhamnoides*) і шипшина собача (*Rosa canina* L.). Особливістю заростання території залишається формування піонерних стадій з рослин галофітних екологічних груп, на які припадає 23,54 га. Варто зазначити, що на піонерних стадіях відсутні представники автохтонної флори (Рудько *et al.* 2019*b*).

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 нові, раніше сильно засолені, 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). При цьому відбувається поступова диференціація фітоценозів за градієнтами вологості і 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* (L.) Roth.), лядвинця рогатого (*Lotus corniculatus*), полину звичайного (*Artemisia vulgaris*) тощо. Загалом, для хвостосховища описано три основні стадії трав'яної сукцесії (Сащук 2006).

У 2016–2018 рр. спостерігалося стрімке скорочення площ, зайнятих лучно-болотними угрупованнями (16,12 га), зумовлене посиленням засолення у зв'язку із значними підняттями рівня води у водоймі. Водночас продовжує зростати кількість ділянок та площ під деревно-чагарниковими угрупованнями (5,59 га). Формування ґрунтового і рослинного покривів відбувається й сьогодні. Інтенсивність утворення фітоценозів зумовлена добрим дренуванням субстрату і вимиванням солей із субстрату з вищих місць у понижені. Відносне перевищення

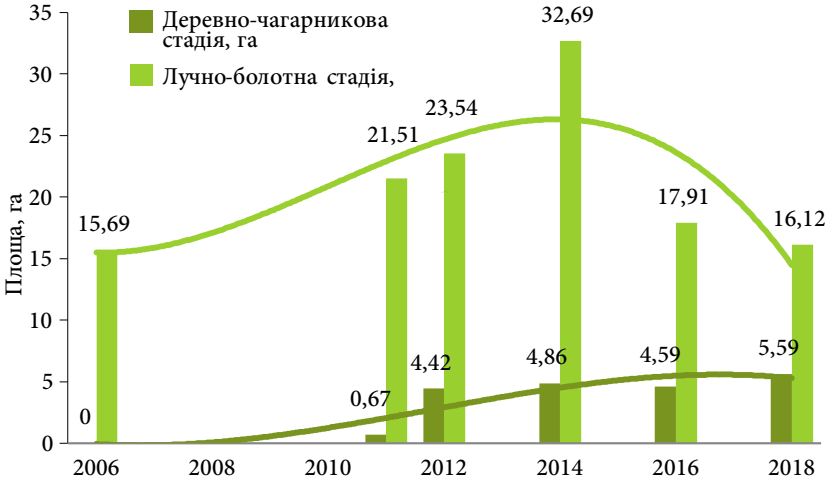


Рис. 5. Динаміка площ формування рослинного покриву у 2006–2018 рр.

Fig. 5. Dynamics of vegetation formation areas in 2006–2018

між різними піонерними угрупованнями становить лише 20–30 см, тому на сильно засолених поверхнях виникають 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.

Для забезпечення екологічної безпеки місць накопичення відходів збагачення полімінеральних солей треба реалізувати ефективну систему збирання та відведення атмосферних вод і розсолів. Проектом рекультивації Стебницького хвостосховища передбачалося скидання надлишкових розсолів у гірничі виробки рудника № 2 і побудовано трубопровід (Цар & Дяків 2011), однак скидання розсолів так і не розпочато.

Висновки

1. В межах Стебницького хвостосховища формуються постмайнінгові ландшафти екстракційного походження. Серед екстракційних геосистем домінують плоскі, дещо похилі поверхні окремих секцій хвостосховища, зовні обваловані дамбами, що утворюють замкнені безстічні ділянки та потребують систематичного регулювання рівня остаточної водойми. Своєрідну роль у формуванні і функціонуванні геосистем хвостосховища відіграють ландшафтні смуги, урочища і підурочища, в межах яких виникають специфічні природно-географічні умови.

2. Процес заповнення хвостосховища відіграв важливу рельєфоутворювальну роль, наслідком чого стало виникнення окремих припіднятих ділянок. Власне в межах цих ділянок сформувалися природні умови для утворення рослинних угруповань різних стадій сукцесії.

3. Дешифрування космознімків 2006–2018 рр. дало змогу виявити просторово-часові закономірності формування та окреслити піонерні ділянки рослинних угруповань в межах першої секції Стебницького хвостосховища. При цьому виокремлено лучно-болотні, чагарниково-лучні і деревно-чагарникові угруповання на поверхнях із різним рівнем засолення. Власне ці угруповання утворюють первинний сукцесійний ряд у формуванні рослинного покриву постмайнінгових геосистем хвостосховища. Нині площі деревно-чагарникових угруповань, які не спостерігалися у 2006 р., становлять 5,59 га (7,87 % від загальної площі зони намиву хвостів). Для чагарниково-лучних і лучно-болотних угруповань зафіксовано інтенсивне зростання площ до 2014 р., а потім швидке зменшення, зумовлене засоленням ділянок у зв'язку із значними підняттями рівня водойми. У 2014 р. виявлено максимальні площі рослинних угруповань (37,55 га), що вкрили понад половину досліджуваної території (52,84 %), а у 2018 р. вони займали 21,71 га (30,55 %).

4. Продовжує відбуватися поступова диференціація фітоценозів за градієнтами вологості і засолення ґрунтосуміші. Для підтримання темпів формування рослинних угруповань необхідно регулярно знижувати рівень розсолів або повністю їх спускати у сусідню секцію рідкої фази.

Література

Білоніжка, П., В. Дяків. 2009. Хімічний та мінералогічний склад відходів збагачення калійних руд Стебницького родовища та їхній вплив на довкілля. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*, **23**: 162—174. [Bilonizhka P., V. Diakiv, 2009. Chemical and mineralogical composition of waste of potash ore of Stebnyk deposit and their impact on the environment. *Bulletin of Lviv University. Geological series*, **23**: 162–174. (In Ukrainian)]

Данілова, О. А. 2007. Сучасна ландшафтна структура гірничопромислових територій (на прикладі Олександрійського буровугільного району). *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Серія: Географія*, **13**: 45–54. [Danilova, O. A. 2007. Modern landscape structure of mining areas (on the example of Alexandria brown coal district). *Scientific notes of Vinnytsia M. Kotsyubynsky State Pedagogical University. Series: Geography*, **13**: 45–54. (In Ukrainian)]

Іванов, Є. 2001. Методика еколого-ландшафтознавчого картографування гірничовидобувних територій. *Науковий вісник Чернівецького університету*, **104**: 207–213. [Ivanov, E. 2001. Methods of ecological and landscape mapping of mining areas. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*, **104**: 207–213. (In Ukrainian)]

Іванов, Є. 2007. *Ландшафти гірничопромислових територій*. ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, Львів, 1–334. ISBN 978-966-613-514-1. [Ivanov, E. 2007. *Landscapes of mining territories*. PC Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, 1–334. ISBN 978-966-613-514-1. (In Ukrainian)]

Іванов, Є. А. 2017. *Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація*: автореферат дисертації … доктора географічних наук. ФОП Корпан Б. І., Київ: 1–40. [Ivanov, E. A. 2017. *Natural and economic systems of mining territories of the Western region of Ukraine: functioning, modeling, optimization*: the dissertation abstract … Doctor of Geographical Sciences. PI Korpan B. I., Kyiv: 1–40. (In Ukrainian)]

Іванов, Є. А., Ю. М. Андрейчук, Н. І. Лобанська. 2005. Проблеми геоінформаційного моделювання гірничопромислових геосистем. *Фізична географія та геоморфологія*, **48**: 180–186. [Ivanov, E. A., Yu. M. Andreychuk, N. I. Lobanskaya. 2005. Problems of geoinformation modeling of mining geosystems. *Physical Geography and Geomorphology*, **48**: 180–186. (In Ukrainian)]

Іванов, Є. А., І. П. Ковальчук. 2012. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*, **612-613**: 54–59. [Ivanov, E. A., I. P. Kovalchuk. 2012. Anthropogenization of landscapes: approaches, diagnosis, modeling. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*, **612-613**: 54–59. (In Ukrainian)]

Іванов, Є., І. Ковальчук. 2020. Аналіз формування рослинних угруповань в межах Стебницького хвостосховища на основі дешифрування космознімків. *Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні-2020*: матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції. НУБіП України, Київ, 186–189. [Ivanov, E., I. Kovalchuk. 2020. Analysis of formation of plant communities within the Stebnyk tailings pond based on space images decryption. *Global and Regional Problems of Informatization in Society and Nature Using 2020*: materials of the VIII International scientific-practical Internet conference. NULES of Ukraine, Kyiv, 186–189. (In Ukrainian)]

Ковальчук, І. П., Є. А. Іванов, В. В. Клюйник. 2011. Картографування геоекологічного стану природно-господарських систем гірничопромислових територій. *Часопис картографії*, **2**: 129–137. [Kovalchuk, I. P., E. A. Ivanov, V. V. Klyuynik. 2011. Mapping the geoecological state of natural-economic systems of mining areas. *Journal of Cartography*, **2**: 129–137. (In Ukrainian)]

Миллер, Г. П. 1974. *Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий*. Вища школа, Львов, 1–202. [Miller, G. P. 1974. *Landscape research of mountain and foothill territories*. Vishcha shkola, Lviv, 1–202. (In Russian)]

Рудько, Г. І., Є. А. Іванов, І. П. Ковальчук. 2019а. *Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України*. Букрек, Київ, Чернівці, **1**: 1–464. ISBN 978-617-7663-42-2. [Rudko H. I., Ye. A. Ivanov, I. P. Kovalchuk. 2019. *Mining geosystems in the Western region of Ukraine*, Bukrek, Kyiv, Chernivtsi, **1**: 1–464. ISBN 978-617-7663-42-2. (In Ukrainian)]

Рудько, Г. І., Є. А. Іванов, І. П. Ковальчук. 2019б. *Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України*. Букрек, Київ, Чернівці, **2**: 1–376. ISBN 978-617-7663-50-7. [Rudko H. I., Ye. A. Ivanov, I. P. Kovalchuk. 2019. *Mining geosystems in the Western region of Ukraine*, Bukrek, Kyiv, Chernivtsi, **2**: 1–376. ISBN 978-617-7663-42-2. (In Ukrainian)]

Сащук, Л. З. 2006. Особливості формування рослинного покриву на територіях гірничих розробок міст Борислава і Стебника. *Проблеми екології та екологічної освіти*: матеріали V-ої міжнародної конференції. Видавничий дім, Кривий Ріг: 118–120. [Sashchuk, L. Z. 2006. Peculiarities of vegetation formation on the territories of mining developments of the cities of Borislav and Stebnik]". *Problems of ecology and ecological education*: materials of the V International conference. Publishing house, Kryvyi Rih: 118–120. (In Ukrainian)]

Цар, Х., В. Дяків. 2011. Геохімічні передумови мінералоутворення сульфату кальцію в системах транспортування ропи калійних родовищ Передкарпаття. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*, **25**: 189–196. [Tsar, H., V. Dyakiv. 2011. Geochemical preconditions of calcium sulfate mineral formation in systems of transportation of brine of potash deposits of Precarpathia. *Bulletin of Lviv University. Geological series*, **25**: 189–196. (In Ukrainian)]

Яцентюк, Ю. В. 2013. Водогосподарські антропогенні парагенетичні ландшафтні системи. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, **3-4**: 147–152. [Yatsentiuk, Yu. V. 2013. Water management anthropogenic paragenetic landscape systems. *Man and the environment. Problems of Neoecology*, **3-4**: 147–152. (In Ukrainian)]

Barinova, S. 2017. Ecological Mapping in Application to Aquatic Ecosystems BioIndication: Problems and Methods. *Environ. Sci. Nat. Res.*, **3** (2): 555–608.

Larondelle, N., D. Haase. 2012. Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach — An example from Germany. *Ecological Indicators*, **18**: 567–574.

Rostański, A. 2000. Rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków poprzemysłowych — rozwiązania alternatywne. *Inżynieria ekologiczna*, **1**: 81–86.