



УДК 504: 574. 661.8: 546.3

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, СПРИЧИНЕНІ РОЗРОБКОЮ ПРИКАРПАТСЬКОГО РОДОВИЩА ПОЛІМІНЕРАЛЬНИХ КАЛІЙНИХ РУД У м. СТЕБНИК

А. Фецюх, Л. Буньо, О. Пацула, О. Терек

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: anastasi4uk@ukr.net*

*Fetsiukh A., Bunio L., Patsula O., Terek O. Environmental problems caused by the development of the Precarpathian deposit of polymineral potassium ores in Stebnyk (Ukraine). **Studia Biologica**, 2018: 12(2); 157–166 • DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1202.537>*

В огляді висвітлено актуальну проблему впливу розробки калійних руд міста Стебник на довкілля. Наведено загальну характеристику родовища та короткий історичний нарис, перелічено найбільш поширені солі. Подано дані щодо вмісту Калію в мінералах. Охарактеризовано структуру субстрату хвостосховища та ропу, яка утворюється внаслідок взаємодії атмосферних опадів зі субстратом. Наведено сольовий склад ропи південної ділянки Стебницького хвостосховища. Висвітлено суть технології переробки руд і повного перероблення розчину з одержанням кондіційного натрію хлориду і бішофіту. У статті звернено увагу на флору хвостосховища, наведено приклади рослин-галофітів, які поширені на техногенній ділянці, перелічено домінантні види. Охарактеризовано три стадії сукцесії, наведено види рослин, які їх представляють. Описано чинники, які впливають на формування та розподіл по території угруповань рослин, серед яких рівень концентрації солей у субстраті та зволоження. Розглянуто розподіл виявлених видів рослин за гіротипами та структурою підземних пагонів. Вказано значення рослинного покриву у процесах формування ґрунту.

Ключові слова: калій, калійні руди, родовище полімінеральних руд, хвостосховище

ВСТУП

Калій (К) – одна із важливих сполук мінерального живлення рослин, із усіх зольних елементів К споживається рослинами найбільшою мірою [11]. Він є активатором більш ніж 60 ферментів у клітині, сприяє збільшенню осмотичного тиску клітинного соку [4], підвищує стійкість рослин [15]. Найбільше К в органах, де інтенсивно

відбуваються ростові процеси. За умов дефіциту калію у рослин різко знижується вміст макроергічних сполук, пригнічується синтез вуглеводів та білків, порушується ріст і розвиток [29].

К міститься в ґрунті у вигляді нерозчинних і малодоступних сполук для рослин. Вміст калію у ґрунті залежить від його механічного складу. Важкі глинисті та суглинисті ґрунти мають більший вміст К, ніж піщані та супіщані. Дуже бідні на К ґрунти легкого механічного складу, наприклад, торф'яні ґрунти [20].

Для отримання високих врожаїв у ґрунт вносять калійні добрива. Найважливішими калійними добривами є хлорид калію (KCl), сульфат калію (K_2SO_4) та калімагnezія ($K_2SO_4 \cdot Mg_2SO_4$). KCl застосовують під культури, які не є чутливими до хлору. K_2SO_4 може застосовуватися на будь-яких ґрунтах і під усі культури. Виробництво K_2SO_4 є досить дорогим, тому він займає незначну частку серед калійних добрив [10].

Для виробництва калійних добрив використовують природні родовища калійних солей. Світовий запас K_2O становить близько 250 млрд т. За оцінками Геологічної служби США (USGS) запаси ресурсів близько 18 млрд т вважаються придатними для комерційного використання. Найбільші сучасні запаси калійних руд залягають у Саскатчевані (Західна Канада), Верхнекамську (Росія), Старобінську (Білорусь). Є старі родовища у південній Німеччині, Латинській Америці, Бразилії, на території Азії. Багато запасів сільвіну є в Англії та Іспанії [8, 9, 30].

Сирі калійні солі, одержані у процесі перемелювання природних калійних руд, мають низький вміст К і велику кількість домішок, що значно збільшує витрати на їхнє транспортування і внесення у ґрунт. Тому сирі калійні солі використовують лише поблизу родовищ калійних руд. Зі сирих калійних солей найбільш поширені сільвініт і каїніт. На сьогодні впроваджують флотаційний спосіб отримання KCl зі сільвініту. За методом флотації для відділення в сільвініті KCl від NaCl додають поверхнево-активні речовини (аміни), які адсорбуються тільки на поверхні зерен KCl. У разі інтенсивного продування його кристали спливають, а кристали NaCl осідають [33].

Метою цієї статті є аналіз публікацій, присвячених опису родовища калійних руд міста Стебник, методам їхнього видобутку та переробки, а також екологічним проблемам, які виникли внаслідок необґрунтованої переробки руд. Одною із них є невідповідність субстрату хвостосховища умовам природних ґрунтів, унаслідок чого на цих територіях збіднений рослинний покрив.

Характеристика родовища полімінеральних калійних руд м. Стебник.

В Україні розташоване єдине і одне з найбільших у світі Прикарпатське родовище полімінеральних калійних руд сульфатного типу, яке за складом солей і умовами їхнього залягання не має аналогів [1], проте країна змушена імпортувати калійні добрива [22].

Поклади Стебницького родовища калійно-магнієвих солей за хімічним складом належать до солей сульфатного типу. Для них характерний дуже складний і своєрідний комплекс соляних мінералів і винятково великий вміст глинистого матеріалу. Серед калійно-магнієвих солей найбільше поширені каїніт і лангбейніт, другорядне значення мають сільвін і карналіт (табл. 1). Значно менше поширені полігаліт, шеніт, леоніт, епсоміт, кізерит, ангідрит, астраханіт, зрідка трапляються вантофіт, левеїт, сингеніт, галіт та ін. [2]. Ці поклади мінералів мають важливе промислове значення, оскільки вони є цінною сировиною для виробництва дефіцитних безхлорних калійних мінеральних добрив.

Стебницьке родовище калійних руд площею 30 км² лежить у північно-східній частині Передкарпатського прогину в басейні р. Тисмениця в західній частині м. Стебник. Поклади калійних солей розміщені пластами та у соляно-глинистих породах [7]. Система розробки родовища була камерно-підповерхова, без закладки відпрацьованих порожнин. За роки виробітку утворилися порожнини об'ємом близько 33 млн м³ і завдовжки десятки кілометрів. У результаті цього під територією Стебника утворилися великі прірви – луговні. Таких луговень налічується 12, три з яких засипані. Проникнення в шахти води призводить до розмивання перегородок і до просідання земної поверхні й утворення провалів [16; 21]. На сьогодні запаси руди, придатні для видобутку камерним способом, повністю вичерпані [7].

Перший промисловий видобуток калійної солі почався у 1911 р. в АТ “Калі”. Він випускав лише сиромелений каїніт і кухонну сіль [16]. У 1946 р. було сформоване Стебницьке державне гірничо-хімічне підприємство (ДГХП) “Полімінерал” [6]. У 1966–1967 рр. побудовано хімічну збагачувальну фабрику, яка випускала калійно-магнієве мінеральне добриво (калімагnezію) з вмістом К₂О до 17–18 % (без збагачення вміст К₂О становив близько 10 %). Найінтенсивніше родовище експлуатувалося у 80-х роках ХХ ст. – понад 2,5 млн т на рік [18]. У 1988 р. хімічну збагачувальну фабрику було закрито, а у 1993 р. припинено тампонажні роботи у карстових порожнинах [2, 15]. На сьогодні перероблення руди на ДГХП не здійснюється. Це пов'язано із недосконалістю, складністю й енерговитратністю способу хлоридного вилуговування [12].

Таблиця 1. Вміст калію у мінералах [30]

Table 1. The content of potassium in the minerals [30]

Мінерал	Хімічна формула	Вміст К ₂ О, %
Сильвін	KCl	63,1
Сильвініт	KCl/NaCl (суміш)	~ 28,0
Карналіт	KCl×MgCl ₂ ×6H ₂ O	17,0
Каїніт	4KCl×4MgSO ₄ ×11H ₂ O	19,3
Лангбейніт	K ₂ SO ₄ ×2MgSO ₄	22,7
Полігаліт	K ₂ SO ₄ ×2MgSO ₄ ×2CaSO ₄ ×H ₂ O	15,6
Селітра	KNO ₃	46,5

Полімінеральний склад калійних руд і високий вміст у них глинистого матеріалу (до 20 %) значно ускладнювали технологію їхньої переробки. Технологічну схему переробки руд було розроблено у Всесоюзному науково-дослідному інституті галургії (Санкт-Петербург, Росія). Суть цієї технології полягала в розчиненні калійних соляних порід гарячою водою, осаджуванні нерозчинного глинистого залишку і відокремленні від осаду висвітленої висококонцентрованої ропи та кристалізації з неї калімагnezію. Ця технологія виявилася дуже недосконалою. У відходи потрапляли не тільки глина, пісок, але ще неповністю розчинені полігаліт, галіт і ропи з високим вмістом хлористого натрію та калійно-магнієвих солей [16]. Таким чином утворилося 22 млн тонн відходів, які зберігаються у хвостосховищі [15, 28].

Хвостосховище Стебницького ДГХП “Полімінерал”. Хвостосховище складається з двох секцій загальною площею близько 125 га [2, 27]. Перша секція –

це 69 га твердої фази соляно-глинистих відходів флотаційного збагачення. Друга секція заповнена ропою і розділена перемичкою на дві ділянки – південну та північну, площею відповідно 28,9 та 26,9 га [27].

Субстрат хвостосховищ у повітряно-висушеному стані має забарвлення від темно-сірого до світло-сірого кольору. Забарвлення залежить від вмісту солей, які кристалізуються, надають світлішого забарвлення [2]. Вміст водорозчинних солей визначає ступінь засоленості ґрунтів, а відповідно, і можливість використання ґрунту [14]. Визначено [5], що хімізм засолення є хлоридним за аніонним складом і, в переважній більшості, натрієвий за катіонним складом. Зменшенню водорозчинних солей сприяв ріст рослин.

За структурою субстрат дрібнозернистий, добре змочується водою. Внаслідок взаємодії атмосферних опадів зі субстратом хвостосховища відбувається вилугування солей і утворюється вторинна ропа, яка стікає у знижені ділянки дна першої секції [2].

Рідка фаза другої секції Стебницького хвостосховища – це ропа, яка містить хлориди та сульфати натрію, калію і магнію (табл. 2). Вміст солей у ропі коливається від 151,26 г/л (на поверхні соляного басейну) до 437 г/л (на глибині 4–9 м). Зменшення концентрації ропи у поверхневій частині соляного басейну пов'язане з її розчиненням атмосферними опадами [2].

Таблиця 2. Сольовий склад ропи придонної частини хвостосховища Стебницького ДГХП “Полімінерал”, г/л. Секція 2, південна ділянка [2]

Table 2. Salt brine composition at the bottom of the tailings deposit of the Stebnyk “Polimineral” g / l. Section 2, the southern region [2]

Склад солей	Вміст солей, г/л
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0,27
CaSO_4	0,58
MgSO_4	122,3
$\text{MgCl}_2(\text{Na}_2\text{SO}_4)$	46,74
KCl	69,04
NaCl	198,00
Вміст К-Mg солей, %	54,49

Із водозбірників ропа по дренажних стоках стікає у річки [27]. Це призводить до засолення прилеглих земель та води і становить екологічну загрозу не лише для районів виробництва, а й для басейну ріки Дністер.

Хвости флотації та ропа Стебницького хвостосховища є цінною галургічною сировиною, вторинним родовищем калійно-магнієвих солей, з яких можна отримувати різні хімічні сполуки. Повне перероблення розчинів хвостосховища дає змогу одержати кондиційні продукти – натрію хлорид, калімагнезію, епсоміт і бішофіт [17]. Проблема полягає в розробці оптимальної економічно вигідної та екологічно безпечної схеми переробки [2].

На сьогодні розроблено технологічну схему повного перероблення розчину Стебницького хвостосховища з одержанням кондиційного натрію хлориду і бішо-

фіту [19]. Для цього застосовують органічні реагенти, які мають здатність селективно висолювати певні солі чи їхні групи із багатокомпонентних систем [3, 4, 31, 32]. Показано [17], що для одержання безхлоридного калійно-магнієвого добрива з високим його виходом і високим вмістом K_2O , найкращим екстрагентом є ацетон.

Фактори, які впливають на формування та розподіл по території Стебницького хвостосховища угруповань рослин. У зв'язку зі зниженням вологості та зменшення концентрації солей у субстраті хвостосховища відбувається поступове проникнення фітоценозів. Напрямок заростання має лінійний характер і чітко детермінований зміною засоленості й вологості. Піонерні стадії заростання формуються з рослин галофітних і солестійких екологічних груп, у яких немає представників автохтонної флори (табл. 3) [23]. Це свідчить про невідповідність субстрату хвостосховища умовам природних ґрунтів цієї території [24]. У зв'язку із цим хвостосховище Стебника належить до техногенних субстратів [23].

Таблиця 3. Видовий склад галофітів піонерних угруповань [23]

Table 3. The species composition of halophytes of the pioneering groups [23]

Екоморфи за галофільністю	Види
Еугалофіти (<i>Euhalofity</i>)	Солонець європейський (<i>Salicornia europaea</i> L.) Солончакова айстра звичайна (<i>Tripolium vulgare</i> Nees) Моховинка вузлувата (<i>Sagina nodosa</i> Fenzl.) Курай іберійський (<i>Salsola iberica</i> Sennen et Pan)
Глікогалофіти (<i>Hlikoahalofity</i>)	Покісниця розставлена (<i>Puccinella distans</i> Parl.) Золототисячник колосистий (<i>Centraurium spicatum</i> Fritsch)
Солестійкі (<i>Sal-patiens</i>)	Очерет звичайний (<i>Phragmites australis</i> L.) Полин звичайний (<i>Artemisia vulgaris</i> L.) Полин гіркий (<i>Artemisia absinthium</i> L.)

Перша стадія сукцесії у систематичному аспекті є найбільшньою і налічує чотири родини – *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*. Для неї характерний слабкорозвинений рослинний покрив, низьке видове різноманіття, мала біомаса та продуктивність. Піонерна рослинність сукцесії представлена такими галофітами: *Salicornia europaea* L., *Puccinella distans* (Jacq) Parl., *Tripolium vulgare* Nees, *Salsola iberica* Sennen et Pan. (табл. 4) [25]. На цих рослинах, які проростають на поверхні засоленого мулу, спостерігають нальоти мірабіліту [2].

Друга стадія сукцесії характеризується збільшенням видового складу трав'янистих рослин, а саме бобових, які беруть основну участь у накопиченні в ґрунті Нітрогену – *Lotus corniculatus* L., *Medicago lupulina* L., *Trifolium pretense* L., *Trifolium repens* L., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* Pall., *Vicia cracca* L. Домінантами стають такі родини: *Fabaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Juncaceae*, *Plantaginaceae*, *Equisetaceae* (табл. 4) [25].

Для третьої стадії сукцесії характерне збільшення кількості деревно-чагарникових видів, але водночас зменшується кількість трав'янистих видів. Тут ефективно поширюються автохтонні види *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L., *Rosa canina* L.,

Salix fragilis L., *Salix caprea* L. Домінантними трав'яними видами є *Calamagrostis epigeios* Roth., *Holcus mollis* L., *Dactylis glomerata* L., *Millium effusum* L., *Sonchus arvensis* L., *Cirsium vulgare* Ten., *Artemisia vulgaris* L., *Daucus carota* L. Родини, які випадають на цій стадії – це *Chenopodiaceae*, *Equisetaceae*, *Juncaceae*, *Caryophyllaceae* (табл. 4) [25].

Таблиця 4. Домінантні види рослин у різних стадіях сукцесії на хвостосховищі Стебницького калійного заводу [25]

Table 4. Dominant species at different stages in succession on the Stebnyk potassium tailings plant [25]

1 стадія	2 стадія	3 стадія
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	
	<i>Medicago lupulina</i> L.	
	<i>Trifolium pretense</i> L.	<i>Betula pendula</i> Roth.
	<i>Trifolium repens</i> L.	<i>Populus tremula</i> L.
	<i>Melilotus albus</i> Medik.	<i>Rosa canina</i> L.
	<i>Melilotus officinalis</i> Pall.	<i>Salix fragilis</i> L.
<i>Salicornia europaea</i> L.	<i>Vicia cracca</i> L.	<i>Salix caprea</i> L.
<i>Puccinella distans</i> (Jacq) Parl.	<i>Phragmites australis</i>	<i>Calamagrostis epigeios</i> Roth
<i>Tripolium vulgare</i> Nees	Trin. ex. Steud.	<i>Holcus mollis</i> L.
<i>Salsola iberica</i> Sennenet Pan	<i>Typha angustifolia</i> L.	<i>Dactylis glomerata</i> L.
	<i>Equisetum arvense</i> L.	<i>Millium effusum</i> L.
	<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.	<i>Sonchus arvensis</i> L.
	<i>Juncus articulatus</i> L.	<i>Cirsium vulgare</i> Ten.
	<i>Juncus compressus</i> L.	<i>Artemisia vulgaris</i> L.
	<i>Carex otrubae</i> Podr.	<i>Daucus carota</i> L.

Другий фактор, який впливає на формування та розподіл по території угруповань рослин є рівень зволоження. За гіротипами переважають мезофіти, що свідчить про брак водного дефіциту (табл. 5). Завдяки наявності великої кількості різноманітних за розміром гіротопів по всій площі хвостосховища значна частка у заростанні належить мезогірофітам і гірофітам. Гірофіти представлені, в основному, такими видами: *Equisetum arvense* L., *Equisetum telmateia* Ehrh., *Juncus articulatus* L., *Juncus compressus* L., *Carex otrubae* Podr. Мезоксерофіти зосереджені на крутих схилах, які часто піддаються витоптуванню [25].

Таблиця 5. Розподіл виявлених видів рослин за гіротипами (частка, %) [25]

Table 5. The distribution of identified species plant by their hyrottype (fraction, %) [25]

Види рослин	Частка, %
Гірофіти	13,3±2,1
Гідрофіти	2,8±0,3
Мезофіти	63,6±0,9
Мезогірофіти	17, 7±1,1
Мезоксерофіти	9,1±0,5

У спектрі розподілу видів за структурою підземних пагонів у більшості угруповань переважають короткореневищні та довгокореневищні види (табл. 6) [25], що вказує на високий рівень зволоженості субстрату.

Рослинний покрив відіграє ключову роль в акумуляції сонячної енергії та її подальшій трансформації як у відповідних трофічних ланцюгах, так і у процесах формування ґрунту [26]. У міру розвитку від піонерної до насиченої стадії ґрунт стає родючішим і у біологічний кругообіг включається дедалі більше хімічних елементів. Зі збільшенням родючості види рослин, що розвиваються на багатих живильними речовинами ґрунтах, витісняють менш вимогливі щодо цього види [25].

Таблиця 6. Розподіл видів рослин за структурою підземних пагонів (частка, %) [25]

Table 6. The distribution of plant species bases on the structure of their underground shoots (fraction, %) [25]

Види рослин	Частка, %
Довгокореневищні	35,7±2,3
Короткореневищні	47,5±3,8
Каудекс	12,6±1,7
Дерновини	7,7±0,07
Бульби	2,1±1,1

ВИСНОВКИ

На основі проведеного огляду наукової літератури представлено дані стосовно Стебницького родовища калійних руд, видобутку та переробки руд, відновлення фітоценозів і домінантні види рослин у трьох стадіях сукцесії на хвостосховищі Стебницького калійного заводу. Неефективна технологія переробки полімінеральних руд спричинила утворення хвостосховища, яке засолює підземні води та прилеглі ґрунти. Внаслідок цього деградовані території характеризуються зруйнованими корінними фітоценозами та деформованими ґрунтами. Піонерні види представлені коротко- та довгокореневищними рослинами галофітних і солестійких груп.

1. *Bagriy S.M., Kuzmenko E.D.* About the suitability of karst on potash and rock salt deposits by electric methods. Lviv Polytechnic National University Institutional Repository. **Geodynamics**, 2011; 2(11): 134–137. (In Ukrainian).
2. *Bilonizhka P., Diakiv V.* Chemical and mineral composition of the enrichment wastes of the Stebnyk deposit potassium ores and its influence on the environment. **Visnyk Lviv univ. Ser. Geol**, 2009; (23):162–174. (In Ukrainian). [Google Scholar].
3. *Blazhivsky K.I., Maksimovic I.E., Padkovska E.V.* Bold sulfate salts of slurry processing potassium ores using ethanol. **Visnyk of Lviv Polytechnic National University**, 2009; 644: 17–20. (In Ukrainian).
4. *Blazhivsky K.I., Maksimovic I.E., Svitlitska M.O.* Salting sulfate salts of sulfate-chloride solution of ethanol. **Visnyk of Lviv Polytechnic National University**, 2011; 700: 30–33. (In Ukrainian).

5. *Bybliv C.R., Bunio L.V., Patsula O.I.* The impact of *Salix viminalis* L. plants on the water-soluble salts content in the substrate of Stebnyk tailing. **Veles**, 2016; (7–1): 25–29. (In Ukrainian).
6. *Dashko M.* **Something about past Stebnyk**. Drogobych: “Dimension”, 2001. (In Ukrainian).
7. *Dyakiv V.O., Pavlyshyn V.I., Bilyk N.T.* Mineralogical protectors of disintegration of salt-clay rocks in the proces of wet conservation of potassium deposits workings in the Carpathian foredeep. **Mineralogical Journal**, 2013; 35(1): 38–49. (In Ukrainian). [Google Scholar].
8. *Fabrega Enfedaque A.* Centennial of the discovery of potash: 1912–2012. **Iberpotash: Lun-werg**. Barcelona. 2012. 218 p. [Google Scholar].
9. *Fabrega Enfedaque A.* Cum saline grain: salt and potash in Suria 1185–1982. **Ajuntament de Suria: Iberpotash**. Súrria. 2009: 623 p. [DOI: 10.14198/INGEO2014.61.01].
10. *Grzebisz W., Szczepaniak W., Biber M., Przygocka-Cyna K.* Potassium as a factor driving nitrogen use efficiency – the case for potatoes cultivated on light soil. Poznan University of Life Sciences, Dep. of Agricultural Chemistry and Environmental Biogeochemistry, **Poland e-ifc**, 2015; 41: 3–33.
11. *Horodnyy M.* **Agrochemistry**. Kyiv: Master Print, 2015: 36–44. (In Ukrainian).
12. *Ivanchenko L.V., Erayzer L.M.* Investigating the process of Prikarpattya potash production plants’ waste recycling into marketable products. **Proceedings of the Odessa Polytechnic University**, 2014; 2(44): 171–176. (In Ukrainian).
13. *Jaworskiy V.T., Blazhivsky K.I., Perekupko A.V., Kostiv I.U., Maksimovic I.E.* Acid processing poorly soluble potash ore using organic solvents. **Journal of Applied Chemistry**, 2009; 82(5): 715–719. (In Russian). [DOI: 10.1134/S1070427209050036].
14. *Nazarenko I.I., Polchyna S.M., Nikorych V.A.* **Soil Science**. Chernivtsi, 2003. 400 p. (In Ukrainian).
15. *Parfenyuk I.* The wealth that became a problem. Life Safety. **Labor Protection**, 2011; 11: 58–59. (In Ukrainian).
16. *Pavluk Yu.E., Ferents N.A., Melko V.M.* Technogenic danger of excavations of potash mineral fertilizers. **Visnyk of Lviv State University of Life Safety**, 2013; 7: 199–202. (In Ukrainian).
17. *Perekupko A.V.* Selective removal of chlorides from a solid intermediate processing solutions potash tailings production Carpathians. **Visnyk of Lviv Polytechnic National University**, 2013; 761: 24–27. (In Ukrainian).
18. *Perekupko T.V.* **Intensification of the processes of combined processing of the Carpathianregion polymineral potassium ores by using organic reagents and solvents**. Lviv: State University “Lviv Polytechnic”, 1998: 32 p. (In Ukrainian).
19. *Perekupko T.V., Perekupko A.V., Hruholo H.I.* Creating a new process complete processing solution Stebnyk tailing conditioning products in sodium chloride and Bishofit. **Visnyk of Lviv Polytechnic National University**, 2013; 761: 28–30. (In Ukrainian)
20. *Prajapati K., Modi H.* The importance of potassium in plant growth. **Indian Journal of Plant Sciences**, 2012; 1(02–03): 177–186. [Google Scholar].
21. *Rudko G.* **Environmental monitoring of the geological environment**. In: Rudko G., Adamenko O. Lviv: LNU Ivan Franko, 2001. 260 p. (In Ukrainian).
22. *Rudko G., Bondarenko M.* The technogenic ecological safety of the salt and sulphur minings of Lviv region. **Ecological collection. Ecological problems of nature management and biodiversity of Lviv region**, 2001; 7: 68–74. (In Ukrainian).
23. *Sabat I., Tsaytler M.* The analysis of the demutation processes on the tailings of “Polymineral” potash plant in Stebnyk in the edaphotop-phytocenosis system. **Acta Carpathica**. Rzeszow, 2014; 12: 65–71. (In Ukrainian).
24. *Saschuk L.S.* Features of formation of vegetation in mountain areas and development towns Boryslav and Stebnyk. **Problems of Ecology and Environmental Education**. Kryvyi Rih: Publishing House, 2006: 118–120. (In Ukrainian).

25. *Slobodyan L.Z.* Comparative characteristics of technogenic ecotopes' floristic composition at Drohobych-Boryslav urban and industrial complex. **The scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Dragomanova**, 2013; 20(5): 26–32. (In Ukrainian).
26. *Smetana M.G.* Floristic structure of plant communities of landscape technogenic systems of the Kryvyi rih northern mining and processing plant. **Scientific fundamentals of biotic preservation diversity**. Lviv: Liga-Press, 2004; 5: 173–177. (In Ukrainian).
27. *Snitynskyi V., Zelisko O.* Monitoring of surface and ground water of Stebnyk potassium ores deposit of Drohobych district Lviv region. **Visnyk Lviv National Agrarian University. Ser. Agronomy**, 2013; 17(1): 13–17. (In Ukrainian).
28. *Snitynskyi V., Zelisko O., Chirivskyi P., Buchko A., Korinec Yu.* Environmental assessment of hydrogeological parameters territory of Stebnyk deposits of potassium salts of Drohobych district Lviv region. **Visnyk Lviv National Agrarian University. Ser. Agronomy**, 2015; (19): 3–7. (In Ukrainian).
29. *Terek O.* **Growth and development of plants**. In: Terek O., Patsula O. Lviv: LNU Ivan Franko, 2011. 328 p. (In Ukrainian).
30. *Terry L.* Global potassium reserves and potassium fertilizer use. **Global Nutrient Cycling**, 2008: 36.
31. *Yavorskiy V.T.* Obtaining table salt from tailings solutions of potash production In: Yavorskiy V.T., Perekupko T.V., Blazhivsky K.I., Maksimovich I.E., Perekupko A.V. **Modern problems and ways to solve them in science, transport, production and education 2011**, 2011; 8: 49–51. (In Russian).
32. *Yavorskiy V.T.* Polythermal crystallization of salts from a solution of Kalush tailings storage. In: Blazhivsky K. I., Maksimovic I. E. (Ed.) **Visnyk of Lviv Polytechnic National University**, 2013; 761: 44–47. (In Ukrainian).
33. *Zörb C., Senbayram M., Peiter E.* Potassium in Agriculture – status and perspectives. **J. Plant Physiol**, 2014; 171: 656–669. [DOI: 10.1016/j.jplph.2013.08.008].

ENVIRONMENTAL PROBLEMS CAUSED BY THE DEVELOPMENT OF THE PRECARPATHIAN DEPOSIT OF POLYMINERAL POTASSIUM ORES IN STEBNYK (UKRAINE)

A. Fetsiukh, L. Bunio, O. Patsula, O. Terek

*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskyyi St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: anastasi4uk@ukr.net*

A review highlights current problems of the impact of the development of potassium ore in the city of Stebnyk on the environment. General characteristics of the deposit and a short historical essay are given, the most common salts are listed. Provided data on potassium content in minerals. Characterized structure of the substrate of the tailing storage and brine, which is formed as a result of the interaction of precipitation with the substrate. The saline composition of the brine of the southern part of Stebnyk tailings storage is given. Highlighted essence of ore processing and the complete processing of the solution with the obtaining of conditioned sodium chloride and bischofite. The article addresses on the tailings storage flora, examples of halophyte plants, that are distributed on the anthropogenic site, listed the dominant species. Three stages of succession, and the types of plants that represent them are described. The factors that

influence formation and distribution on the territory of groups of plants are described, among them the level of concentration of salts in substrate and humidification. The distribution of the identified types of plants by hybrid types and structure of the underground shoots are considered. The role of vegetation in the processes of soil formation are discussed.

Keywords: potassium, potassium ores, deposit of polymineral ores, tailings storage

Одержано: 05.12.2017