
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.413.3:622.794.7:626.87

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.36>

СТУПІНЬ ЗАСОЛЕННЯ ТЕХНОЗЕМІВ РЕКУЛЬТИВОВАНОГО ШЛАМОСХОВИЩА ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХ КОНСТРУКЦІЙ І ГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

Буряк Є.О. – аспірант кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів
імені професора М.К. Шикולי,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Забалуєв В.О. – д.с.-г.н.,

професор кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів

імені професора М.К. Шикולי,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Екологічно небезпечними об'єктами техногенезу є шламосховища (намита маса відходів переробки корисних копалин), які не тільки займають значні площі для їх складування, але і забруднюють і запилюють атмосферу, водойми, сільськогосподарські угіддя, тобто істотно погіршують санітарно-гігієнічний стан на величезних територіях. Видобуток залізної руди супроводжується постійним відкачуванням підземних вод із кар'єрів та шахт, щорічно відкачується близько 70 млн м³ високомінералізованих вод (4,5–23,0 г/дм³), до складу яких входять важкі метали й інші забруднюючі речовини. Відповідно до умов експлуатації шахт та кар'єрів високомінералізовані шахтні води накопичуються у хвостосховищах, ставках-накопичувачах. У статті висвітлений стан проблеми поступового засолення штучно створених техноземів під час їх довготривалого біологічного освоєння та сільськогосподарського використання. За результатами багаторічних досліджень доведено, що в процесі тривалого сільськогосподарського використання рекультивованого шламосховища зумусний стан і поживний режим технозему не погіршується. Натомість встановлено факт засолення нижньої частини профілю техногенно створених ґрунтів. Проби відбирали з усіх варіантів рекультивації на глибину контактуючого шару зі шламом через кожні 10 см. Встановлено, що ступінь і інтенсивність засолення ґрунту залежить від таких факторів, як: відстань до дамби шламосховища, товщина насипного шару технозему, спосіб господарського використання. Під польовими культурами у семирічній сівозміні з багаторічними травами засолення виявилось меншим, ніж за сіножатно-пасовищного використання. Внаслідок довготривалого (більше 25 років) випасання на рекультивованій території великої рогатої худоби відбувалося поступове переуцілювання штучно створених техноземів, а близьке залягання до поверхні високомінералізованих ґрунтових вод спричинило підйом по капілярах легкорозчинних солей, поетапно засолюючи всі шари антропогенно створеної едафічної конструкції. Такі наслідки потребують внесення коректив у структуру моделей техноземів для рекультивації, в якій необхідно забезпечити розрив капілярної торочки методом застосування прошарку із скельної породи.

Ключові слова: рекультивація, легкорозчинні солі, засолення, технозем, шламосховище.

Buriak Ye.O., Zabaluev V.A. Degree of salinization of technozems of recultivated sludge storage depending on their constructions and economic use

Ecologically dangerous objects of technogenesis are sludge storages (washed mass of mineral processing waste), which not only occupy large areas for their storage, but also pollute and dust the atmosphere, water bodies, agricultural lands, ie significantly worsen the sanitary and hygienic conditions in large areas. Iron ore mining is accompanied by constant pumping of groundwater from quarries and mines, annually pumped about 70 million m³ of highly mineralized water (4.5–23.0 g/dm³), which includes heavy metals and other pollutants. According to the operating conditions of mines and quarries, highly mineralized mine waters accumulate in tailings ponds, storage ponds. The article highlights the state of the problem of gradual salinization of artificially created technozems during their long-term biological development and agricultural use. According to the results of many years of research it is proved that in the process of long-term agricultural use of the reclaimed sludge storage the humus condition and nutrient regime of the technozem does not deteriorate. Instead, the fact of salinization of the lower part of the profile of such soils was established. Samples were taken from all reclamation options to the depth of the contact layer with sludge every 10 cm. It was found that the degree and intensity of soil salinity depends on the following factors: distance to the sludge dam, thickness of bulk layer of manure, method of economic use. Under field crops in the seven-field crop rotation with perennial grasses, salinization was lower than in hay and pasture use. As a result of long-term (more than 25 years) grazing in the reclaimed area of cattle there was a gradual compaction of artificial manures, and close to the surface of highly mineralized groundwater caused the rise of easily soluble salts in capillaries, gradually salting all layers of anthropogenic construction. Such consequences require adjustments to the structure of models of techno-soils for reclamation, in which it is necessary to ensure the rupture of the capillary point by applying a layer of rock.

Key words: reclamation, easily soluble salts, salinization, technozem, sludge storage.

Постановка проблеми. У Криворізькому залізорудному басейні під сховища відходів збагачення залізної руди (шламосховища) зайнято понад 7,5 га земель. Крім того, шламосховища є небезпечними об'єктами техногенезу. Транспортування шламової пульпи (суміші шламу з водою) від фабрики збагачення до шламосховища відбувається по трубопроводах. Через нестачу достатніх об'ємів води для гідротранспортування використовують високомінералізовані шахтні і кар'єрні води з сухим залишком від 4,5 до 23 г/л. Із шахт і кар'єрів Кривбасу щорічний об'єм відкачуваних вод сягає 70 млн м³, з яких значні кількості використовують для гідротранспортування шламів [2]. Оскільки поверхня шламосховища постійно покрита шаром води для боротьби з дефляцією підсихаючого шламу і має значно вищі відмітки висот над прилеглими територіями, відбувається дренаж високомінералізованих вод на прилеглі території. Для запобігання підтоплення і засолення ґрунтів створені інженерні споруди, які запобігають розповсюдженню вод на значні прилеглі території. Однак, як свідчить досвід, на прилеглих до шламосховища землях відбуваються процеси засолення ґрунтів і підґрунтя. Тому дослідження процесів засолення прилеглих до шламосховища територій, у т. ч. рекультивованих земель, є актуальним питанням раціонального використання ґрунтових ресурсів у місцях складування відходів збагачення корисних копалин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У світовому масштабі попит на продукцію видобувної промисловості постійно збільшується. Однак видобуток корисних копалин призводить одночасно до значного обсягу відходів, включаючи шлами – суміш подрібненої породи і технологічних речовин із млинів збагачувальних фабрик, які залишаються після видобутку металів, мінералів, вугілля [3]. Хімічний склад шламів залежить від видобутих корисних копалин, технологій видобутку і збагачення [5]. Шлами залізної руди містять певну кількість важких металів – міді, марганцю, свинцю, цинку та ін. [4]. Тому за екологічнонебезпечного їх зберігання можуть виникати різноманітні екологічні проблеми, насамперед забруднення атмосферного повітря, ґрунту та води [15].

Для запобігання небезпечних ситуацій [14] пропонується метод біологічної рекультивації залізорудних відвалів шляхом створення стійких багатокомпонентних трав'янистих угруповань, подібних до природних степових біогеоценотичних структур, – різнотравно-типчакowo-ковилових угруповань для різних типів відвалів [14]. Оскільки відходи збагачення руди часто містять потенційно небезпечні речовини-забруднювачі, пріоритетом для видобувних гірничих комбінатів повинна бути попередня ізоляція шламів з метою уникнення їх потрапляння у підземні води, річки, озера та повітря. Існує безліч доказів того, що такі відходи можуть забруднювати харчові ланцюги та питну воду. Крім того, шлами у сховищах зазнають фізичних та хімічних змін після їх осадження. Хімічні зміни найчастіше є функцією впливу атмосферного окислення. Якщо шлами зберігаються під водою, контакт з атмосферою істотно зменшується, що запобігає кисневим хімічним змінам. Тому прийнятою практикою є те, щоби шлами зберігалися в ізольованих водосховищах під шаром води, з огороженням дамбами [3].

Вміст легкорозчинних солей у гірських породах і ґрунтовій масі є важливою характеристикою під час визначення їх придатності для рекультивації порушених земель, а також рівня родючості в процесі господарського використання. Джерелами засолення можуть бути соленосні субстрати, з яких конструюються техноземи, а також високомінералізовані ґрунтові і дренажні води [12].

М.Т. Масюк дослідив вміст легкорозчинних солей у ґрунтовій масі родючого шару чорнозему і потенційно родючих лесових суглинків, які використовують під час формування профілю техноземів. Ним доведено, що їх первинний вміст у геологічних відкладах глибоких кар'єрів має тенденцію розподілу – від практично незасолених (у верхніх голоценових відкладах) до середньо- і сильно засолених (міоценові та олігоценів глини з глибини понад 12–15 м) [1; 7]. В.О. Забалуєвим досліджені агрохімічні, фізичні та інші характеристики, які визначають рівень родючості різноякісних моделей техноземів для сільськогосподарської рекультивації шламосховища Північного ГЗК станом на початок їх господарського використання [6].

Коротка характеристика об'єктів дослідження. Під час створення дослідної ділянки були використані незасолені субстрати – родючий шар ґрунтової маси, лесоподібні суглинки та шлам [7]. Але за рахунок високомінералізованих ґрунтових вод (дренажні води шламосховища) можливий негативний вплив на вміст легкорозчинних солей в рекультивованих ґрунтах при їх тривалому господарському освоєнні [13]. Тому визначення вмісту і складу водорозчинних солей та напряму засолення у ґрунтовому профілі різноякісних штучних едафотопів було метою наших досліджень.

Оскільки з інженерного погляду обмежувати всю дамбу шламосховища було недоцільно, в 1980–1981 рр. на частині заповненого шламосховища Північного ГЗК на площі 220 га була проведена рекультивація і передана у господарське використання місцевому радгоспу. Відразу було створене дослідне поле загальною площею дослідної ділянки 5 га з вивчення раціональних моделей техноземів для рекультивації шламосховища.

Варіанти моделей техноземів відрізнялися між собою товщиною нанесеного родючого шару ґрунту – відповідно 30, 50 та 80 см (двочленні моделі: родюча ґрунтова суміш + шлам), а також з 50 см прошарком лесоподібного суглинку (тричленні моделі техноземів: родюча ґрунтова суміш + лесоподібний суглинок + шлам).

Під час формування моделей техноземів використовували: **родючий шар ґрунту**, який складався з технічної суміші гумусо-акумулятивного та першого перехідного горизонтів чорнозему звичайного. Гранулометричний склад

субстрату – мулувато-крупнопиловатий важко суглинистий, вміст гумусу – 3,31%, загального азоту – 0,16%, рухомого фосфору – 18,9 мг/кг, обмінного калію – 96,4 мг/кг, водорозчинних солей – 0,08–0,11%. Реакція ґрунтового розчину (рН водн.) – 7,65; *лесоподібні відклади* – потенційно родючі гірські породи, за гранулометричним складом – мулувато-крупнопиловатий середній суглинок, містили 0,48% органічного вуглецю, 0,07% загального азоту, 13,5 мг/кг рухомого фосфору, 84,3 мг/кг обмінного калію, показник рН водн. – 7,72; *шлами* мають слаболужну реакцію, характеризуються відсутністю гумусу й основних біофільних елементів, низькою вбирною здатністю, незадовільними для росту рослин водно-фізичними властивостями, зв'язнопіщаним гранулометричним складом, низькою зв'язністю, легкою дефляційною здатністю, що унеможливує закріплення сходів сільськогосподарських культур і низькою інших негативних властивостей.

Для проведення досліджень нами були вибрані такі моделі техноземів:

1. На сплановану поверхню шламосховища нанесено шар 30 см ґрунтової маси чорнозему звичайного (технічна суміш гумусо-акумулятивного та першого перехідного горизонтів).

2. На сплановану поверхню шламосховища нанесено шар 50 см ґрунтової маси чорнозему звичайного;

3. На сплановану поверхню шламосховища спочатку нанесено шар 50 см лесоподібного суглинку, а потім ще шар 50 см ґрунтової маси чорнозему звичайного.

4. На сплановану поверхню шламосховища спочатку нанесено шар 50 см лесоподібного суглинку, а потім ще шар 50 см ґрунтової маси чорнозему звичайного (частина території, яка відведена під пасовище).

У період 1981–1994 рр. на дослідному полі проводились експерименти з польовими культурами, а з 1994 р. і дотепер частина території використовується як пасовище.

Матеріали і методи дослідження. Зразки субстратів (чорнозему звичайного, лесоподібного суглинку, шламу) відбирали через кожні 10 см по глибині ґрунтового розрізу. Агрохімічний аналіз досліджуваних субстратів проводили згідно з чинними нормативними документами: визначення катіонно-аніонного складу водної витяжки (ДСТУ 8346:2015 [8]; ДСТУ 7944:2015 [9.]; ДСТУ 7945:2015 [10]), визначення фізичних властивостей щільність складення, об'ємна вологість (ДСТУ EN 13041:2005 [11]).

Виклад основного матеріалу досліджень. Проведений лабораторний аналіз відібраних зразків показав, що у всіх чотирьох варіантах техноземів у шламі вміст водорозчинних солей – 0,67–0,69%. Аналіз водної витяжки варіанту технозему з використанням 30 см родючої ґрунтової маси показав, що весь профіль технозему за ступенем засолення виявився середньозасоленим. За катіонно-аніонним складом переважають аніони сульфатів (у родючому шарі), гідрокарбонатів (у шламі) та катіони натрію і калію (у всіх субстратах). У катіонному складі співвідношення Са:Mg:(Na+K) у родючому шарі становило 4:1:10, а в шламі – 2:1:3 (табл. 1). Сухий залишок становив 0,53–0,58% у ґрунтовій масі та 0,68% – у шламі. Щільність складення у верхньому 30 см шарі збільшується з глибиною по профілю від 1,15 до 1,41 г/см³. Щільність складення шламу – 1,58 г/см³.

Аналізуючи пошарово варіант технозему з використанням 50 см родючої ґрунтової маси, можна визначити, що співвідношення у катіонах Са:Mg:(Na+K) становило 2:1:3 і лише на контактному шарі 40–50 см дещо змінюється пропорція в бік збільшення катіонів Са²⁺. Щільність складення була в межах від 1,12 г/см³ в 0–10 см шарі до 1,59 г/см³ на глибині 50–60 см (шлам), показники вологості по

всій глибині насипного шару ґрунту досліджуваної моделі технозему зафіксували від 18,3% до 22,7%, у шламі – 17,5%. Кількісний вміст легкорозчинних солей – від 0,23–0,61% у ґрунтовій масі, до 0,67% – у шламі (табл. 2). За ступенем засолення верхній шар 0–20 см виявився незасоленим, шар 20–30 см – слабо засоленим (хлоридно-сульфатний тип), шар 30–50 см – середньозасоленим (хлоридно-сульфатний тип). Шлам на глибині 50–60 см був середньозасоленим із содово-сульфатним типом засолення.

У тричленній моделі технозему з покриттям шламу спочатку прошарком 50 см лесоподібного суглинку, на який наносили шар 50 см родючої ґрунтової маси, верхній шар ґрунтової маси не містить токсичної для культурних рослин кількості водорозчинних солей. Нижче по профілю технозему кількість водорозчинних солей збільшується. Вологість по шарах від 17,3–21,7% (верхній шар родючого ґрунтового субстрату 0–50 см), в прошарку з лесоподібного суглинку (шар 50–100 см) в межах 22,5–25,2%, та у шламі (глибина 100–110 см) – 22,2% вологості. Щільність по шарах досліджуваного профілю була від 1,14 г/см³ до 1,59 г/см³. Аналізуючи сухий залишок та іонний склад токсичних солей, верхній

Таблиця 1

Фізичні властивості та склад водної витяжки в двочленній моделі технозему за тривалого сільськогосподарського використання рекультивованого шламосховища Північного ГЗК (насипний шар родючої маси 30 см)

Глибина, см	Вологість, %	Щільність склепіння, г/см ³	Сухий залишок, %	Вміст катіонів мг-екв./100г			Вміст аніонів мг-екв./100г		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
0–10	17,3	1,15±0,07	0,53	1,37	0,52	3,92	1,36	3,84	0,52
10–20	21,8	1,18±0,08	0,56	1,55	0,43	4,12	1,42	3,96	0,67
20–30	22,2	1,41±0,08	0,58	2,07	0,32	4,04	1,62	4,18	0,63
30–40	20,4	1,58±0,09	0,68	3,33	1,37	4,10	3,83	3,12	1,85

Таблиця 2

Фізичні властивості та склад водної витяжки у двочленній моделі технозему після тривалого сільськогосподарського використання рекультивованого шламосховища Північного ГЗК (насипний шар родючої маси 50 см)

Глибина, см	Вологість, %	Щільність склепіння, г/см ³	Сухий залишок, %	Вміст катіонів мг-екв./100 г			Вміст аніонів мг-екв./100 г		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
0–10	18,3	1,12±0,06	0,23	1,22	0,14	1,40	0,76	1,67	0,33
10–20	20,2	1,16±0,07	0,25	1,35	0,21	1,44	0,93	1,74	0,33
20–30	21,4	1,20±0,07	0,43	2,16	1,02	2,37	1,88	2,56	1,11
30–40	22,8	1,24±0,08	0,56	2,63	1,37	3,09	2,48	2,96	1,55
40–50	22,7	1,34±0,08	0,61	3,25	1,74	3,16	2,74	3,38	1,97
50–60	17,5	1,59±0,10	0,67	3,21	1,53	4,02	3,83	2,62	2,31

насіпний родючий шар не засолений, тільки на глибині 40–50 см виявлено слабкий ступінь засолення хлоридно-сульфатного типу. Лесоподібні суглинки були слабо засолені (0,41–0,53%) хлоридно-сульфатного типу, а шлам – найбільш засоленим субстратом (до 0,67%) з переважанням соди і сульфатів.

Отже, у ґрунтовій масі переважають аніони сульфатів та катіони кальцію, у лесоподібних суглинках – аніони сульфатів та катіони натрію і калію, у шлам – катіони натрію і калію та гідрокарбонати, тобто відбувається коренезасолення, але шкідливий вміст легкорозчинних солей виключно в нижніх шарах технозему.

Таблиця 3

Фізичні властивості та склад водної витяжки тричленної моделі едафотопу за тривалого сільськогосподарського використання рекультивованого шламосховища Північного ГЗК

Глибина, см	Вологість, %	Щільність складення, г/см ³	Сухий залишок, %	Вміст катіонів мг-екв./100 г			Вміст аніонів мг-екв./100 г		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
0–10	17,3	1,14±0,06	0,17	1,31	0,13	0,76	0,52	1,46	0,22
10–20	20,1	1,14±0,06	0,19	1,52	0,12	0,84	0,53	1,62	0,23
20–30	21,4	1,20±0,07	0,21	1,43	0,14	0,86	0,57	1,65	0,21
30–40	23,8	1,26±0,07	0,22	1,36	0,34	0,88	0,64	1,67	0,27
40–50	21,7	1,28±0,07	0,34	1,26	1,02	1,82	0,68	2,63	0,72
50–60	22,5	1,31±0,07	0,41	1,57	1,41	2,15	0,83	3,26	1,04
60–70	24,2	1,35±0,08	0,43	1,66	1,48	2,20	0,85	3,37	1,12
70–80	25,3	1,36±0,08	0,44	1,80	1,36	2,37	0,88	3,41	1,24
80–90	25,4	1,32±0,07	0,47	1,87	1,44	2,56	0,98	3,62	1,27
90–100	25,2	1,36±0,08	0,53	2,09	1,47	3,02	1,26	3,92	1,40
100–110	22,2	1,59±0,11	0,67	2,98	1,53	4,21	3,54	2,74	2,44

Проведені аналізи дозволили встановити, що на рекультивованій ділянці шламосховища з тричленною моделлю технозему (50 см ґрунтової маси + 50 см лесоподібний суглинок + шлам), яка протягом 35 років використовувалася під пасовища, відбувалося засолення по всій глибині профілю. Сухий залишок легкорозчинних солей у поверхневому шарі 0–10 см становив 0,46%. Найбільший показник вмісту солей (0,69%) зафіксовано на глибині 100–110 см у контактному шарі зі шламом (табл. 4). Вологість пошарово змінювалася від 19,3% до 25,4%. Щільність складення також перевищувала норму від 1,39 г/см³ до 1,58 г/см³. Пошарово у всіх субстратах переважали аніони сульфату та катіони натрію і калію, тільки в шлам і пропорція аніонів змінилась у бік збільшення гідрокарбонатів. Отже, внаслідок випасання великої рогатої худоби відбувалося поступове переушільнення ґрунту. Через близьке розташування до поверхні високомінералізовані ґрунтові води піднімаються по капілярах до поверхні, завдяки чому відбувається засолення всієї товщі технозему. Верхній шар чорноземної маси виявився слабо засоленим (хлоридно-сульфатний тип). Лесоподібний суглинок на глибині 50–100 см – середньозасоленим із переважанням іонів хлору і сульфатів. Шлам із глибини понад 100 см мав содово-сульфатне засолення високого ступеня.

Таблиця 4

**Фізичні властивості, кількість і йонний склад легкорозчинних солей
у тричленній моделі технозему за тривалого пасовищного використання
рекультивованого шламосховища Північного ГЗК**

Глибина, см	Вологість, %	Щільність складення, г/см ³	Сухий залишок, %	Вміст катіонів мг-екв./100 г			Вміст аніонів мг-екв./100 г		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
0–10	19,3	1,39±0,07	0,46	2,31	0,72	2,84	1,94	2,34	1,53
10–20	21,1	1,41±0,07	0,47	2,30	0,78	2,88	2,10	2,40	1,42
20–30	21,5	1,41±0,07	0,48	2,25	0,80	2,90	2,00	2,60	1,30
30–40	23,8	1,43±0,08	0,47	2,12	0,92	2,85	1,77	2,58	1,54
40–50	22,2	1,45±0,08	0,49	2,13	0,91	3,17	1,97	2,48	1,70
50–60	22,3	1,45±0,08	0,51	2,15	1,08	3,26	2,07	2,50	1,79
60–70	21,2	1,43±0,08	0,52	2,25	1,12	3,29	2,20	2,60	1,84
70–80	24,2	1,44±0,09	0,55	2,50	1,22	3,37	2,45	2,68	1,95
80–90	25,4	1,45±0,09	0,57	2,55	1,19	3,51	2,47	2,73	2,05
90–100	24,1	1,42±0,09	0,59	2,67	1,42	3,53	2,56	2,74	2,32
100–110	22,2	1,58±0,10	0,69	3,02	1,61	4,34	3,66	2,81	2,50

Висновки і пропозиції. Проведені дослідження фізичних властивостей і ступеня засолення різноякісних за конструкцією техноземів рекультивованого залізородного шламосховища Північного гірничо-збагачувального комбінату (м. Кривий Ріг), яке впродовж 1982–2019 рр. використовується як сільськогосподарські угіддя (рілля і пасовище), дають змогу зробити такі висновки.

За тривалого використання моделей техноземів під рілля у варіантах із двочленними конструкціями (гумусована маса ґрунту + шлам) у верхніх шарах зафіксовано акумуляцію легкорозчинних солей, які надходять із підґрунтя (шламу), насиченого високомінералізованою водою. Причому у варіанті з шаром 30 см ґрунтової маси (порівняно з шаром 50 см) засолення відбувається більш інтенсивно (середній ступінь хлоридно-сульфатного засолення). У тричленних конструкціях техноземів, які мають прошарок 50 см з лесоподібного суглинку (геоекран), процес засолення верхнього родючого шару був менш інтенсивним.

За використання рекультивованого шламосховища під пасовище у техноземі з тричленною конструкцією вміст легкорозчинних солей був більшим, ніж за використання подібної моделі під рілля. Це, на нашу думку, пов'язано з надмірним навантаженням (перевипасом), що сприяло більшому ущільненню всієї товщі технозему, а отже, й більш інтенсивному випаровуванню підґрунтової високомінералізованої води.

За результатами проведених досліджень виробництву рекомендується тричленна модель технозему (50 см родючого шару ґрунту + 50 см лесоподібного суглинку, укладених на шлам).

Для запобігання засоленню в технологію створення техноземів необхідно внести конструкційні зміни, а саме – створити прошарок зі скельної породи, який розділяє водонасичений шлам і лесоподібний суглинок. Такий прийом забезпечить розрив капілярної торочки і надходження високомінералізованої вологи у верхні кореневмісні шари.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бекаревич Н.Е. Биологическая консервация и сельскохозяйственное использование железорудных шламохранилищ Кривбасса. *Земельні ресурси України: рекультивация, раціональне використання та збереження* : матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження проф. М.О. Бекаревича. Дніпропетровськ : ДДАУ, 1996. С. 54–56
2. Шерстюк Н.П. Вплив гірничо-видобувної промисловості Криворіжжя на міграційні властивості мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2015. № 38. С. 83–91.
3. D. Kossoff, W.E. Dubbin, M. Alfredsson, S.J. Edwards, M.G. Macklin, K.A. Hudson-Edwards Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry*. 2014. Vol. 51. № 1, P. 229–245. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.09.010>.
4. Wong M.H. Environmental impacts of iron ore tailings — The case of Tolo Harbour, Hong Kong. *Environmental Management*. 1981. Vol. 5. № 2. P.135–145. <https://doi.org/10.1007/BF01867333>
5. Hossner L.R., Hons F.M. Reclamation of Mine Tailings. *Soil Restoration. Advances in Soil Science*. / In: Lal R., Stewart B.A. (eds). vol 17. Springer. New York. 1992. P. 311–350 https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2820-2_10
6. Забалуев В.А. Сельскохозяйственная рекультивация железорудных шламохранилищ Кривбасса : тезисы докладов V съезда почвоведов и агрохимиков Украины. Херсон, 1994. С. 35–37.
7. Масюк Н.Т. Экология нарушенных горных пород: состав, свойства, ресурсы, классификация. *Проблемы охраны, рационального использования и рекультивации черноземов*. Москва : Наука, 1989. С. 139–166.
8. ДСТУ 8346:2015 Якість ґрунту. Методи визначення питомої електропровідності, рН і щільного залишку водної витяжки. [Чинний від 2017-07-01]. Київ, 2015. 9 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ 7944:2015 Якість ґрунту. Визначення іонів натрію і калію у водній витяжці. [Чинний від 2016-09-01]. Київ, 2015. 9 с. (Інформація та документація).
10. ДСТУ 7945:2015 Якість ґрунту. Визначення іонів кальцію і магнію у водній витяжці [Чинний від 2016-09-01]. Київ, 2015. 10 с. (Інформація та документація).
11. ДСТУ EN 13041:2005 Меліоранти ґрунту та середовища росту. Визначення фізичних властивостей. Щільність складення на суху масу, об'ємний вміст повітря, об'ємна вологість, показник усадки та загальний поровий простір (EN 13041:1999, IDT) [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2005. 18 с. (Інформація та документація).
12. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів / за ред. С.А. Балука. Харків : ННЦ ПА імені О.Н. Соколовського, 2008. С. 29–61.
13. Шерстюк, Н.П., Носова, Л.О., & Белік, В.Н. Аналіз гідрохімічних особливостей поверхневих вод на території Північного гірничо-збагачувального комбінату. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія»*. 2011. Вип. 19. Ч. 13. С. 31–38.
14. Мазур, А.Ю., Кучеревський, В.В., Шоль, Г.Н., Баранець, М.О., Сіренко, Т. В., & Красноштан, О. В. Біотехнологія рекультиватії залізорудних відвалів шляхом створення стійких трав'янистих рослинних угруповань. *Наука та інновації*. 2015. Вип. 11. Ч. 4. С. 41–52. <http://dx.doi.org/10.15407/scin11.04.041>
15. Kuter, N. Reclamation of Degraded Landscapes due to Opencast Mining. *In Advances in Landscape Architecture* / edited by Murat Ozyavuz. Turkey. 2013. P. 823–858. doi: 10.5772/55796.