

- родах в местах производственной добычи полезных ископаемых // Рекультивация земель: к X Междунар. конгрессу почвоведов: Тр. ДСХИ. –Днепропетровск. –1971. –Т. 26. –С. 62-106.
8. Крупский Н.К., Етеревская Л.В., Мамонтова Е.Г. О направлении почвообразования на рекультивированных землях в степной зоне Украины // Разработка способов рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью. –Бургас; София. –1973.
 9. Польшов Б.Б. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах // Почвоведение. –1945. –№.7
 10. Возделывание бобовых культур на опытных рекультивированных участках, заложенных на горных породах / Бекаревич Н.Е, Горобец Н.Д., Кабаненко В.П., Масюк Н.Т., Сидорович Л.П., Скороход Г.С., Узбек И.Х. // Рекультивация земель: Тр. ДСХИ. – Днепропетровск, 1974. –Т. 26. – С. 139-168.
 11. Масюк Н.Т. Эколого-биологические основы сельскохозяйственной рекультивации в техногенных ландшафтах степной зоны Украины (на примере Никопольского марганцеворудного бассейна): Автореф. дисс... д-ра биол. наук. – Днепропетровск. – ДГУ. – 1981. – 53 с.
 12. Тараріко О.Г., Лобас М.Г. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. –Київ, 1998. –158 с.
 13. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение и охрана. –М.: Наука, 1981. –181 с.

УДК 621.001.25

Шемавньов В.І., Забалуев В.О., Кулініч В.В.,
Зануда В.В., Кулініч Віт.В.

ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНІ ОБ'ЄКТИ ТЕХНОГЕНЕЗУ – СХОВИЩА ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ: ЇХ БІОКОНСЕРВАЦІЯ ТА МОЖЛИВОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

Показано, що покриття поверхні шламсховища шаром ґрунтової маси або потенційної-родючої гірської породи не тільки істотно поліпшує екологічне становище прилеглих територій, але й дозволяє створювати сільськогосподарські вгіддя.

ECOLOGICALLY HAZARDOUS OBJECTS OF A TECHNOGENES – STOREHOUSES OF WASTE PRODUCTS OF ENRICHMENT OF IRON ORE: THEIR BIOPRESERVATION AND OPPORTUNITIES OF AGRICULTURAL USE

Long-term researches prove the possibility of usage of the worked-out sludge traps used in past in iron ore enriching processes.

1. Актуальність проблеми. У Криворізькому залізорудному басейні п'ять гірничо-збагачувальних комбінатів здійснюють видобуток і переробку залізної руди, що привело до відчуження із господарського використання більш 34 тис. га угідь – це відвали гірських порід, кар'єри, зони підробки шахтних полів, шламсховища (сховища відходів переробки залізної руди), промислові площадки та ін. об'єкти техногенезу. З перерахованих видів порушень землі рекультивація і господарське освоєння кар'єрів – складна для вирішення проблема в зв'язку з їхньою великою глибиною (до 300-350 м) і тривалим терміном експлуатації. На даний час більшість глибоких залізорудних кар'єрів є діючими, тому у найближчій перспективі не йде мова про їх технічну та біологічну рекультивацію, як і про рекультивацію зовнішніх відвалів, складених скельними породами, а також про господарське використання значних площ – зон підробки шахтних полів. Це ще мало вивчені проблеми, найближчим часом не мають перспектив оптимального вирішення для господарського використання, однак потребують заходів з їх екологічної оптимізації та біоконсервації.

На території Криворізького залізорудного басейну під шламосховища зайнято понад 7,5 тис.га землі, у яких заскладовано майже 1,5 млрд. тонн відходів збагачення залізної руди. Їх подача в шламосховище (гідротехнічне спорудження, яке розташовують в понижених елементах рельєфу або на території, обвалованій загороджувальною дамбою) у виді гідросуміші не приводить до негативного впливу на повітряний басейн, однак змінює гідрогеологічний режим території. На даний момент всі шламосховища продовжують заповнюватися шламами, тому більша площа їх поверхні покрита водою, що знижує можливість запилення повітряного басейну мілкими фракціями шламового пилу. Однак при підсиханні пляжів шламосховища вони техногенно небезпечними об'єктами, джерелом геохімічного забруднення території.

В даний час усі шламосховища Кривбасу продовжують заповнюватися шламами, тому запилення повітряного басейну незрівнянне з тією ситуацією, коли закінчиться їхнє заповнення і вони будуть катастрофічно загрожувати навколишній території. Набагато більшу небезпеку навколишньому середовищу представляють висохлі пляжі шламосховищ. При підсиханні шлам стає сипучим матеріалом і під дією вітру може переноситись на значні відстані від місць складування, запилюючи і забруднюючи прилеглі території. При швидкості вітру 2-3 м/с запиленість навколишнього середовища на відстані 1-3 км від шламосховища в 5-10 разів перевищує санітарно допустимі норми [1].

У зв'язку з цим на черзі денній стоїть нова проблема – раціональне використання площ відпрацьованих шламосховищ з одночасним зменшенням чи запобіганням негативного їхнього впливу на навколишнє середовище.

У зв'язку з цим актуальною є проблема запобігання негативного впливу шламосховищ на довкілля шляхом консервації а також можливості господарського використання площ, зайнятих заповненими шламосховищами.

2. Стан вивченості проблеми. Дослідження з рекультивації шламосховищ розпочаті в нашій країні і за рубежем порівняно недавно. В основному вони зводяться до консервації шламових пляжів, використовуючи при цьому бітумні емульсії, латекси й інші хімічні консерванти і структуроутворювачі. Істотним недоліком цього способу є дефіцит хімічних консервантів, їхня недовговічність і неефективність використання площ для народного господарства, особливо в густонаселених районах.

Левіт С.Я., Пікалова Г.М. [2] указують, що біологічна консервація шламосховищ може лімітуватися наступними несприятливими факторами: відсутністю чи дефіцитом елементів мінерального живлення для рослин; незадовільними воднофізичними властивостями субстратів, обумовленими перевагою в пляжній зоні піщаних фракцій, що мають високі фільтраційні властивості; легкою дефляційною здатністю піщаних або пилових часток, що утрудняє закріплення в субстраті насіння і сходів рослин.

З метою поліпшення агрономічних властивостей шламу здійснюється гідронамив шламу з ґрунтом чи сумішкою суглинку з ґрунтом, іноді застосовуються полив, вносяться добрива. Однак уральські вчені [2] вважають, що існуючі способи рекультивації шламосховищ з гідронамивом потенційних-родючих порід і шару ґрунту вар-

то визнати раціональними лише як виключення. Тільки при великих площах рекультивациі і розташуванні їх поблизу сільськогосподарських угідь витрати по створенню родючого шару можуть бути виправдані. При розробці методів тимчасової консервації шламосховищ вони пропонують принцип мінімального використання родючої маси ґрунту з метою поліпшення властивостей субстрату.

Американська компанія Ері Майнінг [3] освоїла в промислових умовах метод біологічного закріплення поверхні шламосховищ за допомогою посіву сільськогосподарських культур. При виконанні робіт враховуються властивості шламу, напрямок вітру, температура поверхні, що закріплюється. У залежності від цих показників підбирається склад польових культур. Накопичений компанією досвід підтверджує, що при виконанні комплексу агротехнічних заходів на шламосховищах можна вирощувати бобові, пшеницю, картоплю, ряд деревних рослин і т.д., запобігаючи у деякій мірі несприятливі наслідки гірничопромислової діяльності.

На Уралі проводилися дослідження з біологічної рекультивациі Качканарського шламосховища [2]. У зв'язку з відсутністю достатньої кількості ґрунтової маси і потенційно родючих гірських порід для покриття поверхні шламосховища вивчалась можливість використання матеріалів, що поліпшують властивості субстратів, а також підбір асортименту рослин, здатних створити рослинний покрив у несприятливих умовах. У якості покращувачів субстратів вивчалися відходи виробництва (деревна тирса, вугільна зола теплоелектростанцій) а також глинисті відклади, якими покривали поверхню шламосховища. Досліди проводили з багаторічними травами. Покривною культурою було озиме жито на зерно та на зелену масу. Перед посівом вносили мінеральні добрива нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$. Отримані експериментальні результати дозволили зробити висновок, що покращення субстрату сприяє успішному росту озимого жита та багаторічних трав. Найкращі результати по вирощуванню багаторічних трав отримані на третій рік, причому ступінь їхнього розвитку залежав як від видових особливостей трав, так і від варіанту досліджу.

Результати спостережень і аналізів чистого шламу з додаванням покращуючих матеріалів показали, що шлам через безструктурність, низку водоутримуючу здатність і сильне нагрівання часток практично не містить вологи в поверхневих шарах.

На території Курської магнітної аномалії дослідження з рекультивациі шламосховищ проводив Медведєв А.Є. [3]. Поверхня шламосховища «Грачов лог» була покрита суглинком потужністю від 0,1 до 0,8 м, а також суглинком 0,1-0,3 м і чорноземом 0,1-0,4 м. Досліди проводилися з внесенням і без внесення добрив. У польових дослідках випробували люцерну, вико-вівсяну суміш, озиме жито й овес. На підставі проведених досліджень було встановлено: посів багаторічних трав на поверхні шламосховища є неефективним навіть при внесенні мінеральних добрив; нанесення насипного шару ґрунту на шлам потужністю 0,1-0,4 м не можна вважати перспективним прийомом через незадовільні водно-фізичні властивості штучного едафотопу (висихання ґрунтової маси); ефективним способом рекультивациі шламосховищ під однолітні і багаторічні трави є покриття їх лесоподібним суглинком потужністю 0,5 м. Врожай трав у цьому варіанті склав 44,5-58,8 ц/га сіна.

Наявні дані свідчать про те, що питання біологічної рекультивації шламосховищ у даний час є гостро актуальним, їх біологічна (сільськогосподарська) рекультивація, навіть не фітотоксичних шламів, не може бути проведена без використання родючих чи потенційно-родючих субстратів. Це пов'язано з несприятливими для росту і розвитку рослин складом і властивостями шламів.

Аналіз відомих матеріалів з літературних джерел показав недостатню вивченість даної проблеми для густонаселених регіонів із сприятливими ґрунтово-кліматичними і соціально-економічними умовами, що і обумовило проведення досліджень по сільськогосподарській рекультивації залізорудних шламосховищ в Криворізькому залізорудному басейні. В Україні дотепер ще немає рекомендацій з консервації та сільськогосподарської рекультивації заповнених шламосховищ залізорудних комбінатів.

При рекультивації шламосховищ необхідно враховувати можливість (навіть у віддаленій перспективі) вторинної переробки відходів. Виходячи з цього, технологію рекультивації доцільно направляти на мінімізацію витрат на технічному етапі, а також досягнення максимального екологічного і господарського ефекту.

3. Характеристика складу і властивостей шламу як субстрату для сільськогосподарського освоєння. Шлам – це дрібні частки порожньої породи і мінералів, які утворюються в результаті механічної переробки і збагачення руди. Його транспортування у шламосховища у виді гідросуміші не впливає на навколишнє середовище. Однак при зневоднюванні і підсиханні він перетворюється в сипучий матеріал, який під впливом вітру здатний переноситься на значні відстані від місць складування й не тільки забруднює довкілля, але й є причиною зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

Тенденції нарощування шламосховищ у Криворізькому басейні сприяють розвитку процесів переносу мілкодисперсних часток шламів і вимагають з однієї сторони рішення проблеми боротьби з пиленням ділянок у період нарощування карт намиву шламосховища, а з іншої – рекультивації після його заповнення.

Аналіз гранулометричного складу свідчить (табл. 1), що шлам є супіщаним субстратом з низьким вмістом «фізичної глини» (10,4-13,9 %), переважанням крупного пилу (56,97-63,99 %) та дрібного піску (25-29,2 %). Такий гранулометричний склад обумовлює низьку вологоємність шламу та високу водопроникненість, тобто, при таких водно-фізичних властивостях формується дуже низький запас продуктивної вологи, що негативно позначається на рості та розвитку рослин.

Таблиця 1 – Результати аналізу гранулометричного складу шламосховища Північного ГЗК

Глибина відбору зразків, см	Гігроскопічна волога, %	Розмір гранулометричних елементів (мм) та їх вміст, %						Вміст фізичної глини, %
		1- 0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	
0-10	0,27	0,06	25,60	63,99	2,77	1,32	6,26	10,35
10-20	0,30	0,03	29,20	60,30	2,49	1,32	6,66	10,47
20-50	0,30	2,07	27,04	56,97	3,25	3,29	7,38	13,92

Агрохімічний аналіз шламу показав (табл. 2), нейтральну або слаболужну реакцію (рН – 7,4-7,9). Вміст легкорозчинних солей залежить від мінералізації води, яка використовується при гідротранспортуванні шламу у шламосховища.

Таблиця 2 – Результати аналізу водної витяжки із шламу Північного ГЗК

Глибина відбору зразків, см	рН водн.	Вміст аніонів, мг-екв. /100 г			Вміст катіонів, мг-екв. /100 г			Сухий залишок, %
		SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺	
0-10	7,8	0,29	0,85	0,75	0,46	0,18	1,25	0,14
10-20	7,7	0,25	0,75	0,50	0,32	0,32	0,86	0,11
20-50	7,7	0,19	0,65	0,50	0,21	0,21	0,92	0,10

При використанні високомінералізованих шахтних вод вміст легкорозчинних солей у шламі також буде високий, однак у подальшому вони промиваються атмосферними опадами і при пониженні рівня ґрунтових вод шлам опріснюється.

У середньому сухий залишок водної витяжки становить 0,1-0,3 %. У шламах Інгулецького, Центрального та Північного ГЗК концентрація іонів у водній витяжці складає відповідно 1,9-2,1 мг-екв., 2,7-3,5 мг-екв. і 1,3-1,9 мг-екв. Їх хімізм складається хлоридів та сульфатів, а також з кальцію та натрію.

Якісний склад аніонів свідчить про хлоридно-сульфатний тип засолення шламів Центрального ГЗК і хлоридний – на Інгулецькому, Південному та Північному ГЗК.

За мінералогічним складом у шламах переважають кварц (до 69%) та гематит (від 7,3 до 28%), за хімічним складом – оксиди кремнію та заліза (табл. 3).

Таблиця 3 – Хімічний склад шламів Північного ГЗК

№ зразка	Втрати від прокалення, %	Вміст, % на прокалену навіску							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO
1	2,60	57.40	0.30	24.60	4,00	2,00	0.19	0,19	0.06
2	3,30	50.40	1.00	28.00	4.50	2.80	0.27	0.34	0.05
3	3,90	54.40	0.70	26.30	4.50	2.80	0,30	0.20	0.08

Елементами живлення для рослин відходи збагачення залізної руди забезпечені незадовільно: азот відсутній, забезпеченість фосфором і калієм дуже низька (табл. 4).

Таким чином, шлами збагачувальних фабрик Криворізького залізорудного басейну мають несприятливі для рослин склад та властивості. Проте вони не містять фітотоксичних сполук, практично не засолені. Для забезпечення умов вегетації рослин і перетворення території заповнених шламосховищ у високопродуктивні угіддя, необхідно виконати комплекс рекультиваційних заходів.

Отже, аналіз наукових публікацій та характеристика шламу як субстрату для рослин показав проблеми при їх консервації і сільськогосподарській рекультивації в густонаселеному промисловому районі степової чорноземної зони.

Таблиця 4 – Агрохімічна характеристика шламів Північного ГЗК

№ зразка	Вміст				Поглинені основи, мг-екв./100 г
	Азот, %	Фосфор, мг/100 г	Калій, мг/100 г	Натрій, мг/100 г	
1	–	0,80	10,00	20,00	2,52
2	–	0,96	10,00	15,00	2,80
3	–	1,00	8,00	14,00	2,00

При розробці прийомів рекультивації заповнених шламосховищ у Криворізькому залізорудному басейні необхідно враховувати такі основні положення.

- У чорноземній зоні всі орнопридатні площі розорані. Зокрема, у Дніпропетровській області за півсторіччя площа ріллі зменшилася більш ніж на 100 тис. га. Тому актуальною є необхідність перетворення заповнених шламосховищ в сільськогосподарські угіддя. Криворізький промисловий район має гостру потребу в збільшенні виробництва сільськогосподарської продукції. В даний час із сільськогосподарського обороту різними видами порушень тут виведене близько 24 тис. га земель. Грунтово-кліматичні й економічні умови цього регіону створюють передумови відновлювати порушені території переважно під сільськогосподарські угіддя і створювати високородючі землі універсального використання.
- З усіх видів порушень (кар'єри, відвали, шахтні зони обвалення й осідань, промислові площадки, шламосховища) найбільш сприятливі передумови для сільськогосподарської рекультивації мають заповнені шламосховища, які в Кривбасі займають площу понад 7 тис.га.
- Наявність в Криворізькому басейні значної кількості (близько 8 млн.м³) заскладованої ґрунтової маси, яка на даний час знаходиться у буртах, отже, не раціонально використовується.
- Можливість без нових порушень земної поверхні використовувати для рекультивації потенційно-родючі гірські породи, які при розробці кар'єрів переміщуються у зовнішні відвали.
- У залізорудних шламах міститься до 15-17 % заліза, 7-8 рідкоземельних хімічних елементів, тому не виключена можливість у майбутньому повторної його переробки.
- Рекультивація заповнених шламосховищ технологічно простіша в порівнянні з іншими об'єктами техногенезу (мономінеральними скельними відвалами, підробленими шахтними полями, заповненими кар'єрами, технологічними промисловими площадками та ін.).

4. Методика досліджень. Для вивчення раціональних прийомів і способів сільськогосподарської рекультивації шламосховища була створена дослідна ділянка загальною площею 5 га, на якій проводили польові дослідження з сільськогосподарськими культурами.

Варіанти дослідів відрізнялись конструкцією штучних едафотопів. Для їх конструювання застосовували родючу масу чорнозему звичайного (технічна суміш гуму-

со-аккумулятивного та першого перехідного горизонтів) та лесоподібні відклади суглинного гранулометричного складу.

У першому варіанті спланована поверхня заповненого шламосховища не була покрита родючим шаром ґрунту чи потенційно родючої гірської породи (варіант «Шлам»).

У другому, третьому та четвертому варіантах сплановану поверхню шламосховища покрита відповідно до варіанту 30, 50 та 80-см шаром ґрунту – сумішкою гумосо-аккумулятивного та першого перехідного горизонтів чорнозему звичайного (варіанти «Шлам + 30 см родючого шару ґрунту»; «Шлам + 50 см родючого шару ґрунту»; «Шлам + 80 см родючого шару ґрунту»).

У п'ятому, шостому та сьомому варіантах були створені більш складні едафотопи: спочатку поверхня шламосховища покривалась 50-см шаром лесоподібного суглинку, на який наносилось відповідно до варіанту 30, 50 та 80-см шар ґрунту (варіанти «Шлам + 50 см шар лесоподібного суглинку + 30 см родючого шару ґрунту»; «Шлам + 50 см шар лесоподібного суглинку + 50 см родючого шару ґрунту»; «Шлам + 50 см шар лесоподібного суглинку + 80 см родючого шару ґрунту»).

Таким чином, досліди проводились на дослідному полі зі штучними едафотопами, які суттєво розрізняються між собою за рівнем родючості. За складністю і затратністю їх створення, що обумовлює їх різні едафічні характеристики як загальних фізичних, так і агрохімічних властивостей.

Як видно зі схеми дослідної ділянки (див. рис. 1), воно має загальну рівну поверхню, що створює можливість одночасного проведення всіх агротехнічних заходів при вирощуванні сільськогосподарських культур. Польові досліди в різні роки розділялися на окремі досліди. Дослідними культурами були озима пшениця, ярий ячмінь і кукурудза на зерно у ланці сівозміни „чорний пар – озима пшениця – кукурудза на зерно – ярий ячмінь”.

5. Результати польових дослідів із зерновими культурами, як тестами визначення рівня родючості техногенно створених едафотопів. У перші роки проведення польових дослідів виявилось, що варіант рекультивованої землі, де шлам не був покритий шаром ґрунту, є неродючим субстратом для всіх дослідних культур у зв'язку з його несприятливими агрохімічними, фізичними і біологічними властивостями, а також видуванням сходів (вітрової ерозії). У зв'язку з цим у подальших дослідженнях він був виключений із схеми дослідів.

5.1. Дослід з озимою пшеницею. Озима пшениця висуває високі вимоги до родючості ґрунту, тому може служити індикатором при оцінці різних варіантів рекультивації земель, а по величині її продуктивності можна судити про рівень родючості досліджуваних варіантів.

Попередником озимої пшениці був чорний пар. Підготовка ґрунту полягала в проведенні передпосівної культивуації на глибину загортання насіння з боронуванням. Посів проводили 5-12 вересня (у залежності від року). Норма висіву – 5 млн. схожих насін'я на 1 га. Сорт – Альбатрос одеський. Навесні проводили боронування посівів. Перед збиранням врожаю визначали біологічну продуктивність.

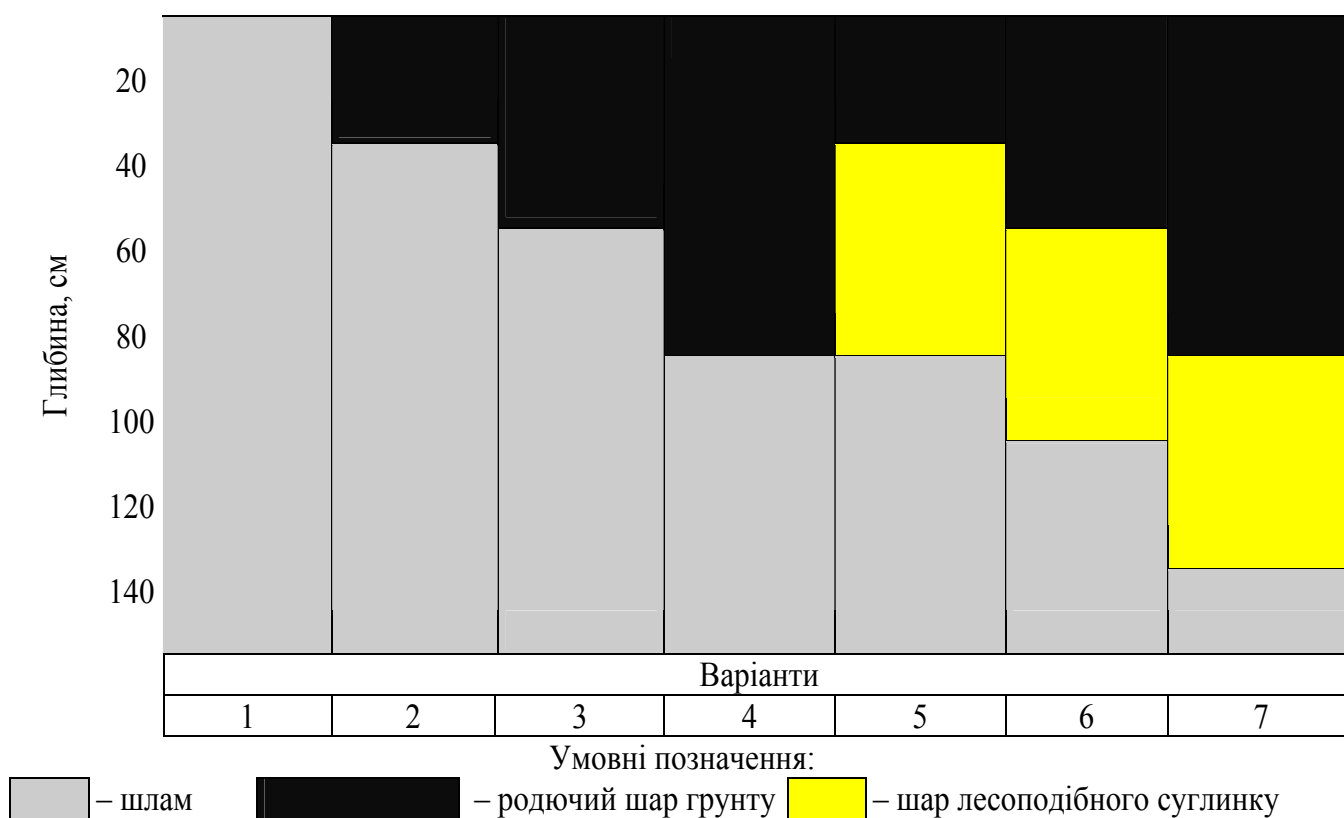


Рис. – 1 Моделі (варіанти) техногенно створених едафотопів для рекультивації залізородного шламосховища

З даних, наведених у табл. 5 видно, що врожайність озимої пшениці істотно змінювалася від погодних умов та в залежності від варіанта дослідження – чим більша потужність насипного шару ґрунту, тим вища врожайність, причому найвищий показник був на найбільш потужному штучному едафотопі у варіанті «Шлам + 50 см лесоподібного суглинку + 80 см насипного шару ґрунту».

Таблиця 5 – Врожайність сільськогосподарських культур залежно від варіанту рекультивації шламосховища (ц/га середнє за 4 роки досліджень)

Варіант	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза на зерно
Шлам +30 см родючого шару ґрунту	24,6 (16,5-31,9)	21,7 (18,4-25,8)	25,7 (22,3-30,1)
Шлам +50 см родючого шару ґрунту	33,5 (25,6-38,9)	27,7 (25,6-29,5)	34,7 (33,7-35,2)
Шлам +80 см родючого шару ґрунту	41,2 (29,3-50,2)	33,5 (31,3-34,5)	45,5 (40,9-49,6)
Шлам +50 см лесоподібного суглинку +30 см родючого шару ґрунту	30,3 (20,2-40,5)	27,8 (24,9-31,5)	34,1 (30,8-35,5)
Шлам +50 см лесоподібного суглинку +50 см родючого шару ґрунту	37,6 (26,8-47,0)	32,4 (30,7-34,6)	40,9 (36,7-47,0)
Шлам +50 см лесоподібного суглинку +80 см родючого шару ґрунту	41,7 (32,0-50,7)	33,5 (31,9-34,6)	47,1 (43,8-48,6)
НІР ₀₅ , ц/га	2,1-2,8	1,8-2,4	2,2-2,6

Порівняння варіантів з різною потужністю насипного шару ґрунту дозволяє визначити ефективність окремих шарів штучного едафотопу. В шарі 0-30 см середня врожайність склала 24,6 ц/га, тобто кожні 10 см ґрунтової маси забезпечили формування 8,2 ц/га. Збільшення шару до 50 см підвищує урожайність на 8,9 ц/га, тобто кожні додаткові 10 см насипного ґрунту, розташовані на глибині 30-50 см, додатково продукували 4,5 ц/га зерна. Подальше нарощування насипного шару до 80 см забезпечило підвищення врожаю ще на 7,7 ц/га, тобто, кожен 10 см шар ґрунту, який знаходиться на глибині 50-80 см штучного едафотопу, додатково формує 2,6 ц/га зерна озимої пшениці. Таким чином, озима пшениця суттєво реагує на товщину насипного шару ґрунту, підвищуючи урожайність в 1,7 рази (порівняння варіантів з 30 та 80 см насипного шару ґрунту).

У варіантах штучних едафотопів з використанням лесоподібного прошарку також спостерігалось підвищення урожайності зерна озимої пшениці від збільшення насипного шару ґрунту, однак різниця між варіантами була дещо меншою.

У варіанті «Шлам + 50 см лесоподібного суглинку + 30 см насипного шару ґрунту» врожайність склала 30,3 ц/га зерна. Збільшення насипного шару ґрунту до 50 см підвищило врожайність на 7,3 ц/га, а до 80 см – ще на 4,1 ц/га, тобто, додаткове нанесення шару ґрунту з 30 до 80 см, укладене на 50 см прошарок з лесоподібного ґрунту, підвищило врожайність озимої пшениці на 37,6%.

Роль лесоподібного прошарку в підвищенні врожайності змінювалася в залежності від товщини насипного шару ґрунту – чим більша потужність насипного шару ґрунту, тим менша прибавка урожаю озимої пшениці від лесоподібного прошарку: в варіантах з 30 см шаром ґрунту різниця склала 6,3 ц/га, у варіанті з 50 см шаром – 3,9 ц/га, а у варіанті з 80 см насипним шаром – лише 2,3 ц/га, тобто зі збільшенням потужності шару ґрунту роль лесового прошарку зменшується.

5.2. Дослід з кукурудзою на зерно. Посіви кукурудзи проводили в оптимальні терміни, після двох передпосівних культивацій. Догляд за посівами полягав у двох міжрядних культиваціях і ручній прополці. З даних, наведених у таблиці 5 видно, що у варіанті досліду «Шлам +30 см насипного шару ґрунту» врожайність кукурудзи становила 25,7 ц/га. Аналіз експериментальних даних свідчить, що чим більше потужність насипного шару, тим вище врожайність кукурудзи. Найвища врожайність була отримана у варіанті «Шлам +50 см лесоподібного суглинку +80 см насипного шару ґрунту» і складала 45,5 ц/га.

Аналіз впливу окремих шарів насипного ґрунту показав, що найбільша віддача врожаю кукурудзи була в шарі 0-30 см. Він забезпечує формування 25,7 ц/га, тобто кожні 10 см формують 8,6 ц/га зерна. Збільшення насипного шару до 50 см підвищує врожай на 9,0 ц/га, тобто кожні 10 см шару 30-50 см забезпечують формування 4,5 ц/га зерна кукурудзи. Подальше збільшення насипного шару до 80 см підвищує урожай ще на 10,8 ц/га, тобто кожні 10 см шару на глибині 50-80 см забезпечують формування лише 3,6 ц/га зерна. Таким чином, експериментальні дані свідчать, що кукурудза краще, ніж озима пшениця використовує більш глибокі шари ґрунту.

У едафотобах з лесоподібним прошарком спостерігається така ж закономірність: у варіантах «Шлам +50 см лесоподібного суглинку +30 см насипного шару ґрунту» врожайність кукурудзи склала 34,1 ц/га. Збільшення шару ґрунту до 50 см підвищує врожайність на 6,8 ц/га, а до 80 см – ще на 6,2 ц/га. За рахунок створеного лесоподібного прошарку одержана прибавка урожаю від 8,4 ц/га (у варіанті з 30-см шаром ґрунту) до 1,6 ц/га (у варіанті з 80-см шаром ґрунту), тобто зі збільшенням потужності шару ґрунту роль лесового прошарку зменшується.

5.3. Дослід з ярим ячменем. Аналіз експериментальних даних польових дослідів з ярим ячменем і їх порівняння з експериментальними даними, одержаними у досліді з озимою пшеницею та кукурудзою на зерно, виявили такі спільні закономірності, а також відмінності:

- величина врожаю зерна ярого ячменю була нижчою, ніж озимі пшениці та кукурудзи на всіх варіантах досліді;
- залежно від товщини насипного шару ґрунту врожайність ярого ячменю змінювалась від 21, 7 до 33,5 ц/га у варіантах без прошарку лесоподібного суглинку та від 27,8 до 33,5 ц/га у варіантах з прошарком лесоподібного суглинку;
- окупність урожаю кожного 10-см шару ґрунту склала: 7,2 ц/га (шар 0-30 см); 3,0 ц/га (шар 30-50 см); 1,9 ц/га (шар 50-80 см), тобто, була найнижчою серед дослідних культур;
- більша, у порівнянні з озимою пшеницею, прибавка від лесоподібного прошарку у варіантах з 30-см та 50-см шаром насипного ґрунту, однак у варіантах з нанесенням 80 см шару ґрунту ефективність прошарку лесоподібного суглинку не виявлена.

5.4. Аналіз ефективності використання зерновими культурами ресурсів техногенно створених едафотопів рекультивациі шламосховища. Включення в схему досліді по рекультивациі шламосховища варіантів техногенно створених едафотопів з лесовим прошарком мало таку мету:

- створити геохімічний екран для вірогідної можливості засолення родючого ґрунтового шару ґрунтовими водами та можливого проникнення в родючий шар важких металів;
- збільшити кореневміщуючий шар для сільськогосподарських рослин;
- збільшити вологоємність профілю рекультивованих земель;
- зменшити потребу кількості ґрунтової маси.

Порівняння урожайності дослідних культур – озимі пшениці, кукурудзи на зерно й ярого ячменю залежно від конструкції техногенно створених едафотопів дозволяє зробити висновки, що найбільш ефективно використовує едафічні ресурси кукурудза на зерно (табл. 6).

Причому, якщо на малопотужних варіантах різниця у врожайності була не значною (1,1- 4,0 ц/га), то при збільшенні насипного шару вона збільшувалась до 4,3-12,0 ц/га у варіантах без прошарку лесоподібного суглинку та до 5,4-13,6 у варіантах з прошарком лесоподібного суглинку. Тобто, кукурудза більш ефективно використовує все едафічні середовище, яке їй надано.

Таблиця 6 – Середньорічні показники врожайності, прибилок урожаю та окупність урожаю сільськогосподарських культур в залежності від товщини нанесеної ґрунтової маси при рекультивації шламосховища, ц/га

Товщина нанесеного шару ґрунту, см	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза на зерно
Урожайність у варіантах без прошарку лесоподібного суглинку			
30	24,6	21,7	25,7
50	33,5	27,7	34,7
80	41,2	33,5	45,5
Урожайність у варіантах з прошарком лесоподібного суглинку			
30	30,3	27,8	34,1
50	37,6	32,4	40,9
80	41,7	33,5	47,1
Прибавка урожаю від прошарку лесоподібного суглинку			
30	5,7	6,1	8,4
50	4,1	4,7	6,2
80	0,5	0	1,6
Окупність урожаю кожного додаткового 10-см шару насипного ґрунту			
30	8,2	7,2	8,6
50	4,5	3,0	4,5
80	2,6	1,9	3,6

Хімічними аналізами, проведеними в Проблемній лабораторії рекультивації земель Дніпропетровського агроуніверситету встановлено, що концентрація легко-розчинних солей у водних витяжках із зразків ґрунту штучних едафотопів рекультивованих земель не перевищує допустимих значень, тобто, небезпеки засолення рекультивованих земель не спостерігається. Разом з тим прошарок з лесоподібного суглинку сприяє підвищенню врожайності польових культур. Найбільш показовий у цьому відношенні, виявився дослід з озимою пшеницею, кукурудзою і яровим ячменем, де збільшення врожаю в окремих варіантах склала: зерна кукурудзи – 8,4 ц/га, ярого ячменю – 6,1 ц/га, озимої пшениці – 5,7 ц/га,

Проведені багаторічні польові дослідження та лабораторні аналізи дозволяють зробити певні висновки.

- Покриття поверхні заповнених залізородних шламосховищ шаром ґрунтової маси або потенційно-родючої гірської породи забезпечує захист повітряного басейну, ґрунтового покриву, водних об'єктів від забруднення і запилення шкідливими компонентами переробки залізної руди, що суттєво покращує санітарно-гігієнічний стан навколишнього середовища Криворізького залізородного басейну.
- Нанесення на поверхню шламосховища шару родючого ґрунту потужністю 30 см створює можливість використовувати такі рекультивовані площі у якості сільськогосподарських угідь для вирощування польових культур за умови високого рівня ґрунтових вод. Середня урожайність на такому штучному едафотопі складає: озимої пшениці – 24,6 ц/га, зерна кукурудзи – 25,7 ц/га, ярого ячменя – 21,7 ц/га.

- Найвищий врожай дослідних культур отримано у варіанті «Шлам +50 см лесоподібного суглинку + 80 см насипного шару ґрунту»: озимої пшениці – 41,7 ц/га, кукурудзи на зерно – 47,1 ц/га, ярого ячменю – 33,5 ц/га.
- Створення лесового прошарку між шламом і насипним шаром ґрунту сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур: озимої пшениці – в залежності від товщини насипного шару ґрунту від 5,7 ц/га на едафотопі з 30 см шаром ґрунту до 0,5 ц/га (80 см шар ґрунту); кукурудзи на зерно – відповідно від 8,4 до 1,6 ц/га. У ярого ячменю прибавка була лише у варіантах з 80 см шаром ґрунту (6,1 ц/га) та з 50 см шаром (4,7 ц/га), що, очевидно, пов'язано з поверхневим розміщенням кореневої системи ярого ячменю.
- Проведеними лабораторними аналізами не встановлено засолення і забруднення важкими металами насипного родючого шару ґрунту.
- Незначне розходження у показниках врожаю між окремими варіантами викликане, імовірно, високим рівнем ґрунтових вод (шламосховище є ще діючим, його поверхня покрита дзеркалом води, яка дронує і сприяє підвищенню рівня ґрунтових вод у розміщених поряд територіях. Однак прогнозується, що після заповнення шламосховища рівень ґрунтових вод понизиться, що неминуче погіршить нині існуючий водний режим рекультивованих земель, особливо малопотужних варіантів штучних едафотопів.
- При створенні сільськогосподарських угідь на рекультивованих шламосховищах необхідно заздалегідь визначитися хоча б про приблизні терміни можливої вторинної переробки шламу, що доцільно визначення окупності витрат.

Виходячи з тривалості періоду від заповнення шламосховища до можливої переробки і способу сільськогосподарського використання рекультивованих земель, виробництву рекомендуються такі варіанти штучних едафотопів:

- якщо терміни до вторинної переробки шламу не перевищують 10–15 років, доцільно обмежитись консервацією шламосховища – покриття поверхні родючою масою ґрунту або лесоподібним суглинком шаром 5-10 см з посівом багаторічних трав;
- якщо вторинна переробка в ближній час не передбачається, доцільно штучні едафотопи для використання в якості продуктивних сільськогосподарських угідь, головним чином ріллі. Для цього на поверхню шламосховища укладають шар лесоподібного суглинку товщиною 30 см у два прийоми: спочатку товщиною 10-15 см з переорюванням на глибину 25-30 см з метою одержання суміші лесу і шламу (перехідного шару). Потім укладають 15-20 см шар лесоподібного суглинку, на який наносять 30 см шар ґрунту. Такі рекультивовані землі виправдують своє призначення на той період часу, коли ґрунтові води знаходяться порівняно близько до поверхні. При зниженні рівня ґрунтових вод, а отже відсутності цього джерела зволоження і при переході на зволоження тільки атмосферними опадами, варто збільшити шар насипного ґрунту до 80 см. У цьому випадку вологосмість штучних едафотопів забезпечить утримання атмосферних опадів;
- при тривалому періоді використання шламосховища і низькому рівні ґрунтових вод для створення сільськогосподарських угідь рекомендується варіант штучного

едафотопу, що складається з 30 см шару лесоподібного суглинку і 80 см шару насипного ґрунту. Такий варіант за рівнем родючості не поступається непорушеним староорним угіддям.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузьменко П.К. Биологическое закрепление хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов в условиях Криворожского бассейна // Повышение безопасности труда на горнорудных предприятиях. –М. –1989. –С. 38-54.
2. Левит С.Я., Пикалова Г.И. Рекультивация золоотвалов и шламоохранилищ на Урале // Растения и промышленная среда. – Свердловск: УрГУ, 1984. –С. 79-114.
3. U.S Department of Agriculture. 1982. Wildlife users guide for mining and reclamation. USDA – FS Intermountain For. Range Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. INT –126. USDA-FS, Ogden, UT.
4. Медведев А.Е. Сельскохозяйственная рекультивация железорудного шламоохранилища «Грачев лог»// Тр. Воронежского СХИ. –1985. –С. 67-84.

УДК 678.026

Кобец А.С., Науменко Н.Н.

ИЗГИБ БАЛКИ, СОПРЯЖЕННОЙ НА НЕКОТОРОМ УЧАСТКЕ С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНОЙ

В статті наведено дослідження величини деформацій від власної ваги механічної системи, що складається з непереривно-сполучених на деякій ділянці шарнірно опертої балки та прямокутної горизонтальної пластини.

CURVING OF A BEAM, THE CONJUGATE ON SOME SITE WITH A HORIZONTAL RECTANGULAR PLATE

In paper examinations of magnitude of strains from a body weight of a mechanical system which will consist from continuously connected on some site of a turning supported beam and a rectangular horizontal plate are reduced.

Рассматривается деформация собственным весом механической системы, составленной из шарнирно опертой балки и прямоугольной горизонтальной пластины, непрерывно связанных на участке ab (Рис. 1).

Пластина симметрична относительно ребра ab . Ее края, параллельные оси x , при деформациях конструкции остаются прямолинейными (подвижный шарнир). Граничные условия других краев могут быть произвольными.

В данной работе форма статического изгиба системы собственным весом, устанавливается методом последовательных приближений.

Первое приближение формы статического изгиба конструкции построим для пластины и для каждого из участков балки ($0a$; ab ; и $b\ell$) отдельно.

Отнесем каждый из выделенных участков к собственной системе отсчета с началом в левом конце участка недеформированной системы. Пластину отнесем к системе с началом в точке a

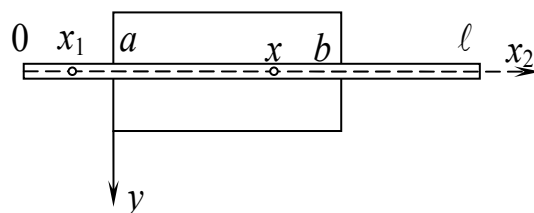


Рис. 1