

УДК 502.75 (477.8)

Вовк О.Б., Орлов О.Л.

ДИНАМІКА ПРОЦЕСІВ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ НА ТЕХНОГЕННИХ СУБСТРАТАХ ГІДРОВІДВАЛУ ЯВОРІВСЬКОГО ДГХП "СІРКА"

В статті представлені результати моніторингових досліджень процесів ґрунтоутворення на техногенних субстратах гідровідвалу. Встановлено, що тут формуються ґрунти дернового ряду. За 20 років самовідновлення відбулось структурування ґрунтового профілю, оптимізувались водно-фізичні властивості намівних техноґрунтів. Водночас, вони розвиваються в умовах активного біохімічного перетворення карбонатних порід, що проявляється через гіпсове елювіювання і є аномальним для зонального ґрунтоутворення. Намивні техноґрунти не є токсичними для біоти, про що свідчить вагоме збільшення підземної частини фітомаси рослинних угруповань над надземною.

Ключові слова: техноґрунт, гідровідвал, ґрунтоутворення, техногенний субстрат, фітомаса, ґрунтовий профіль.

Після припинення експлуатації Яворівського родовища самородної сірки, утворились землі зі знищеним або порушеним природним середовищем, які займають близько 5% площі Яворівського району Львівської області [8, 10]. Ці території все ще становлять реальну небезпеку для екологічної рівноваги регіону і потребують дієвих заходів для її стабілізації.

Техногенно змінені ландшафти ДГХП "Сірка" викликають зацікавленість у науковців з позицій вивчення їхньої структури, властивостей розкритих порід та потенційної токсичності для біоти, первинних біотичних сукцесій на техногенних субстратах, формування ініціального ґрунтового покриву, пошуку шляхів їхньої рекультивациі та оптимізації функціонального стану [3, 6, 9, 12, 13, 18, 19, 23, 25, 26]. Отримані дані підтвердили, що понад 80% гірничо-видобувних земель потребують технічної та біологічної рекультивациі, або проведення цілого комплексу заходів щодо запобігання розвитку негативних процесів. За останні 20-25 років частину з розроблених рекультивацийних планів було втілено в життя [7, 15], однак подальші дослідження щодо їхньої ефективності є дуже фрагментарними [4, 20]. Значну частину техногенних ландшафтів ДГХП "Сірка", через брак ресурсів для реалізації ревіталізаційних заходів, було залишено для самовідновлення. На щастя, природа сама береться за виправлення шкоди нанесеної їй людством. Прикладом найбільш успішного самовідновлення гірничо-хімічних комплексів можна вважати гідровідвал цього підприємства, де складовані нетоксичні для біоти породи.

Базисними середовищеформуючими компонентами техногенних екосистем, які визначають їх подальший розвиток є ґрунти, що формуються з перевідкладених субстратів – техноґрунти. Вони, як і будь-яка інша складова частина біогеоценозу, проходять певні етапи розвитку, спрямовані на відновлення екологічної рівноваги. Залежно від типу та інтенсивності техногенної трансформації природного ґрунту, направленість та тривалість сукцесій буде різною.

Власне, з метою встановлення ефективності самовідновлення ґрунтового покриву та основних екологічних функцій ґрунтів нами було проведено моніторингове дослідження динаміки та спрямованості процесів ґрунтоутворення на техногенних субстратах гідровідвалу.

Матеріал і методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 1998-2013 рр. на території гідровідвалу та хвостосховища Яворівського ДГХП "Сірка", розташованого поблизу с. Терновиця Яворівського р-ну Львівської обл. (координати основного дослідного полігону 49°55'13" пн.ш., 23°27'27" сх.д.), на відмітках 225-260 м н.р.м.

Вибір дослідних ділянок, закладання та морфологічні описи ґрунтових розрізів, прикопок і відбір ґрунтових зразків проводились згідно методики проведення польових досліджень ґрунтів, адаптованими до особливостей об'єкту дослідження [16, 24]. Загалом, закладено понад 15 ґрунтових розрізів та прикопок, для подальшого аналізу відібрано понад 100 ґрунтових зразків.

Визначали водно-фізичні та фізико-хімічні параметри техноґрунтів за загальноприйнятими методиками [1, 2, 16]. Величину надземної та підземної частини фітомаси рослинних угруповань визначали за методом "кубів" [5].

Результати дослідження

Сьогодні гідровідвал представляє собою платоподібне підвищення площею 8 км² з пласкою верхівкою і відносним перевищенням над рівнем поверхні 30-35 метрів. Тут складовані четвертинні піски, супіски і суглинки, які розробляли методом гідромеханізації. Гідросуміш з кар'єру транспортували трубами і випускали з отворів вздовж первинної дамби. Пісок осідав біля дамби, а дрібні частинки виносились в центральну частину відстійника і сформували днище тимчасової водойми. Тому вздовж дамб розташовані піщані пляжі з нахилом поверхні до центру 10-15°, тоді як центральна частина майже горизонтальна. У 1979 р., для складування хвостів флотажі (продукти подрібнення і розчинення сірковмісного вапняку), частина гідровідвалу була відокремлена дамбою і створено хвостосховище. Таким чином, гідровідвал складається з трьох частин: піщаної, глинистої і вапнякової [22]. Через неодноразові прориви дамб і дію природних гідрогеологічних процесів ці частини не є відокремленими. Матеріали з різних частин проникали на сусідні ділянки і накладались одні на одні, утворюючи строкату мозаїку сучасних підстилаючих порід для формування специфічних ґрунтово-рослинних комплексів. Після завершення експлуатації, жодних рекультиваційних заходів на території гідровідвалу не проводили, а, відтак, всі сукцесійні зміни відбуваються за умов самовідновлення.

Природний ґрунтовий покрив території, на якій розміщене родовище, був представлений дерново-підзолистими, дерново-глеєвими супіщаними і легкосуглинковими ґрунтами, а також торфово-болотними і низинними торфовими ґрунтами [8]. Для цих ґрунтів притаманні легкий гранулометричний склад (вміст фракцій > 0,01 мм сягає більше 80%), вміст гумусу до 4%, слабко- та середньокисла

реакція середовища (рН 4,6-5,5), низька гідролітична кислотність (до 2 мг-екв/ 100 г ґрунту) та ступінь насичення основами 18-56% [14, 16].

Дослідження процесів техногенного ґрунтоутворення було розпочато у 1998 р., через 5 років після припинення промислового наповнення гідровідвалу та тимчасового хвостосховища. 80% тодішньої поверхні гідровідвалу займало водне плесо, а субстрат по його берегах був перенасичений водою.

Намивний техноґрунт гідровідвалу (за даними від 09.06.1998 р.) складений пісками та супісками з питомою вагою 2,7 г/см³. Оскільки піски перевідкладені потужним водяним потоком, їм властива підвищена щільність будови, що в середньому складає 1,6 г/см³. Характеризуючись високою водопроникністю, вони одночасно є слабко зволженими з поверхні, тоді як рівень стояння ґрунтових вод сягає 0,4-0,5 м. Однорідний, переміщений субстрат гідровідвалу нетоксичний, але повністю позбавлений первинного потенціалу родючості. Загальний вміст гумусу не перевищує 0,1%, ємність поглинання – 2 мг-екв/100 г ґрунту, що разом з лужною реакцією середовища (рН = 7,4) сповільнює заростання поверхні. На 5-6 рік після припинення робіт на його поверхні поселяються окремі піонерні рослини. Тут формується монодомінантне очеретяне угруповання. Ступінь проективного покриття залежить від віку відвалу: від 60% до оголеної поверхні, зайнятої лише підземними столонами очерету.

Особливістю первинного ґрунтоутворення, в тому числі і на техногенних субстратах, є його висока швидкість та динамічність розвитку внутрішньоґрунтових процесів. Діагностувати перші ознаки ґрунтоутворення можливо лише за морфологічними та морфометричними характеристиками ґрунтових горизонтів, які якісно відрізняються від ґрунтоутворної породи і набувають функціональних властивостей. Так, подальші дослідження намивних техноґрунтів гідровідвалу, проведені у 2001 р., засвідчили процес структурування породної товщі і зародження ознак генетичних горизонтів (табл. 1). Виділено чотири шари, які вже різняться за кольором, щільністю, насиченістю корінням та акумуляцією гумусових речовин. В напрямку від дамби до центру гідровідвалу потужність цих шарів зменшується, відповідно до підняття рівня залягання ґрунтових вод. Формується гумусово-дерновий горизонт, в якому завдяки затримуючій дії кореневої системи рослин та біохімічним процесам, відбувається перерозподіл фракцій гранулометричного складу. Збільшується вміст мулистої фракції, пісок стає зв'язаним, здатним акумулювати гумусові речовини (вміст гумусу 0,15%), що розширює ємність катіонного обміну до 8 мг-екв/100 г.

В профільному розподілі основних фізико-хімічних властивостей техноґрунтів вже можна помітити первинну диференціацію за елювіально-ілювіальним типом, що характерно і для природних ґрунтів цієї території. Слабколужна реакція ґрунтового розчину всієї товщі (на відміну від слабкокислої реакції природних ґрунтів і природних ґрунтоутворних порід) ідентифікує присутність значної кількості подрібнених і перевідкладених сірковмісних вапняків, що визначатиме спрямованість біохімічних процесів в ґрунтовій товщі у майбутньому.

Таблиця 1

**Діагностичні морфометричні та фізико-хімічні властивості техногрунту
гідровідвалу сірчаного виробництва, віком до 10 років**

Індекс і глибина горизонту, см	Опис горизонту	Щільність будови, г/см ³	pH (водне)	Вміст гумусу, %	Смність поглинання, мг-екв/100 г ґрунту
Розріз 1: Намивний техноґрунт , гідровідвал сірчаного кар'єру, околиці с. Терновиця, Львівська обл., Яворівський р-н., 18.07.2001 р.					
Ph, 0 – 11	Сірий, пронизаний дрібним корінням, свіжий, зв'язаний пісок, структурований процесами ґрунтоутворення, перехід поступовий;	1,44	7,50	0,15	8,0
P[h], 11 – 29	Від сірого до темно-сірого, пронизаний корінням, свіжий, ущільнений, шаруватий слабо структурований пісок, на глибині 15 см помітний органо-акумулятивний прошарок (0,5 см.) з відмерлої кореневої маси, перехід чіткий;	-	7,57	0,09	2,0
P, 29 – 40	Сірий, вологий, щільний пісок, шаруватий з іржавими прожилками, поодинокі коріння, перехід чіткий;	-	7,45	0,09	4,0
P[h ₂], 40 – 48	Темно-сірий, ущільнений, вологий, шаруватий супісок із слідами акумуляції органіки та іржавими прожилками, поодинокі коріння, перехід чіткий;	-	7,53	0,15	6,0
Dgl, 48 і глибше	Палево-сірий, вологий, великозернистий пісок, з включеннями сірковмісної породи і залізистими конкреціями, поодинокі коріння.	-	7,39	+	4,0

З часом (за результатами досліджень 2012-2013 рр.), рівень ґрунтових вод, як і рівень води в водоймі знижується, розширюючи площу гідровідвалу, охоплену процесами ґрунтоутворення. Формуються різновікові комплекси ґрунтів дернового ряду, профіль яких є чітко структурований з явними морфологічними ознаками основних ґрунтоутворних процесів – гумусонагромадження, елювіювання, оглеєння. В намивних техноґрунтах вже чітко ідентифікується гумусово-дерновий горизонт, потужністю від 2 до 4 см., який в більш зволжених відмінах має ознаки оторфування (табл. 2, розріз 4 і 5).

В напрямку від дамби до озера, потужність ґрунтового профілю зменшується, ознаки змінного окисно-відновного процесу змінюються оглеєнням, а процеси ґрунтоутворення набувають болотного спрямування. Первинний шаруватий породний субстрат у верхніх горизонтах змінює свою структуру на дрібногрудкувату, тоді як

перехідні горизонти і ґрунтоутворюючі породи зберігають ознаки техногенного намивання. Відтак, зростає водоутримуюча та сорбційна здатність ґрунту, що покращує доступність поживних речовин для кореневих систем. Щільність будови гумусованих горизонтів знижується (в порівнянні з даними 1998 року) на 19-30% для дернових відмін і на 35-70% для дерново-глейових відмін з ознаками оторфування, тим самим наближаючись до параметрів зональних природних ґрунтів.

Таблиця 2

**Діагностичні морфометричні та фізико-хімічні властивості техноґрунтів
гідровідвалу сірчаного виробництва, віком до 20 років**

Індекс і глибина горизонту, см	Опис горизонту	Щільність будови, г/см ³	pH (водне)	Вміст гумусу, %	Ємність поглинання, мг-екв/100 г ґрунту
1	2	3	4	5	6
Розріз 2: <u>Намивний техноґрунт дерновий глеюватий</u> , гідровідвал сірчаного кар'єру, околиці с. Терновиця, Львівська обл., Яворівський р-н., 28.06.2012 р.					
Hd, 0 – 4	Темно-сірувато-бурий, рихлий, свіжий, дрібно грудкуватий, легкосуглинковий, густо пронизаний корінням, перехід поступовий, язиковатий;	1,30	7,27	3,62	20,0
Phe(gl), 4 – 19	Від світло-сірого до палевого), затіки гумусу по ходу коріння, мікролінзи іржавого кольору, дрібногрудкувато-зернистий, рихлий, свіжий, легкосуглинковий, перехід чіткий;	1,34	7,34	0,43	8,0
Pigl, 19 – 34	Бурувато-сірий з жовтувато-червонуватими затіками на гранях ґрунтових окремостей, щільний, свіжий, легко-суглинковий, шарувато-пластинчастий, поодинокі коріння, перехід поступовий;	1,60	7,39	+	14,0
Pgl, 34 – 79	Білясо-сірий з затіками іржавого кольору, легкосуглинковий, нестійкої структури, ущільнений, свіжий, перехід поступовий;	1,12	7,58	+	10,0
DGl, 79 і глибше	Сіро-сірий, супіщаний, нестійкої структури, ущільнений, вологий, з запахом сірководню.		7,55	+	6,0
Розріз 3: <u>Намивний техноґрунт дерновий</u> , гідровідвал сірчаного кар'єру, околиці с. Терновиця, Львівська обл., Яворівський р-н., 11.09.2012 р.					
Hd, 0 – 2	Світло-сірий, дрібногрудкуватий, свіжий, рихлий, легкосуглинковий, густо пронизаний дрібним корінням, перехід поступовий;	1,13	7,35	1,18	12,0
Ph, 2 – 17	Сіро-палевий, свіжий, рихлий, порохуватий, середньо суглинковий, затіки гумусових речовин по ходу коріння, перехід чіткий;		7,40	0,32	4,0

1	2	3	4	5	6
Ре, 17 – 32	Палево-білясий, з слідами білої присипки, ущільнений, свіжий, пластинчастий, супіщаний, поодинокі коріння, перехід чіткий;	1,17	7,36	+	8,0
Р, 32 і глибше	Палевий, легкосуглинковий, пухкий, свіжий, шаруватий з нестійкою структурою.	1,30	7,46	+	4,0
Розріз 4: Намивний техногрунт дерновий глейовий , гідровідвал сірчаного кар'єру, околиці с. Терновиця, Львівська обл., Яворівський р-н., 11.09.2012 р.					
Hd(т), 0 – 4	Палево-сірий, пухкий, сухий, легкосуглинковий, дрібно грудкуватий до пороховатого, густо пронизаний корінням та нерозкладеними моховими дернинами, перехід поступовий;	1,04	7,10	2,24	12,0
Phgl, 4 – 24	Білясо-сірий, щільний, свіжий, легкосуглинковий, пластинчастий з горизонтальними прошарками іржавого та сизого кольорів, пронизаний корінням, перехід чіткий;	1,17	7,23	1,14	4,0
P[H]gl, 24 – 45	Темно-сірий, ущільнений, свіжий, легкосуглинковий, грудкуватий, пронизаний корінням, лінзи напіврозкладеної органіки та сизої глейової маси, перехід чіткий;	1,15	7,56	1,36	22,0
PGl, 45 і глибше	Сизувато-сірий, щільний, вологий, безструктурний супісок, пронизаний прожилками іржавого кольору з рештками нерозкладеної органіки.	-	-	-	-
Розріз 5: Намивний техногрунт болотний , гідровідвал сірчаного кар'єру, околиці с. Терновиця, Львівська обл., Яворівський р-н., 11.09.2012 р.					
Hт, 0 – 4	Складений з мохової подушки, переплетеної дрібним корінням з ґрунтовим матеріалом палево-сірого кольору, пухкий, свіжий, дрібногрудкуватий, легкосуглинковий, перехід поступовий;	0,63	7,24	2,67	8,0
Phgl, 4 – 17	Білясо-сизий з затіками гумусових речовин та прожилками іржавого кольору, ущільнений, свіжий, легкосуглинковий, грудкувато-пластинчастий, густо пронизаний корінням, перехід чіткий;	1,53	7,34	0,97	6,0
PGl, 17 і глибше	Сиза, безструктурна глейова товща, ущільнена, волога, легко-суглинкова, поодинокі коріння.	1,57	7,31	+	6,0

Внутрішньоґрунтове вивітрювання та активізація біохімічних процесів зумовили зростання фракцій фізичної глини в дернових техноґрунтах до 20-25%, що характеризує їх як легкосуглинкові. Очевидно, що вміст фізичної глини значною мірою є успадкованим від підстилаючої породи. Так, в межах гідровідвалу формуються дернові піщані та супіщані техноґрунти, тоді як для техноґрунтів хвостосховища характерний складніший перерозподіл фракцій. Профільний розподіл фізичної глини вказує на те, що елювіально-ілювіальними ґрунтоутворними процесами охоплена товща, потужністю до 50 см, тоді як нижче залягають техногенні піщані відклади не зачеплені процесами ґрунтоутворення (рис. 1). Високодисперсні мулисті частинки, володіючи великою поглинальною поверхнею, активно взаємодіють з ґрунтовими розчинами і забезпечують їхнє зв'язування у корененасичених шарах ґрунту. Вміст гумусу та ємність поглинання також тісно пов'язані з мулистими фракціями і є найвищими для горизонтів Hd і Ht досліджених ґрунтів (табл. 1 і 2).

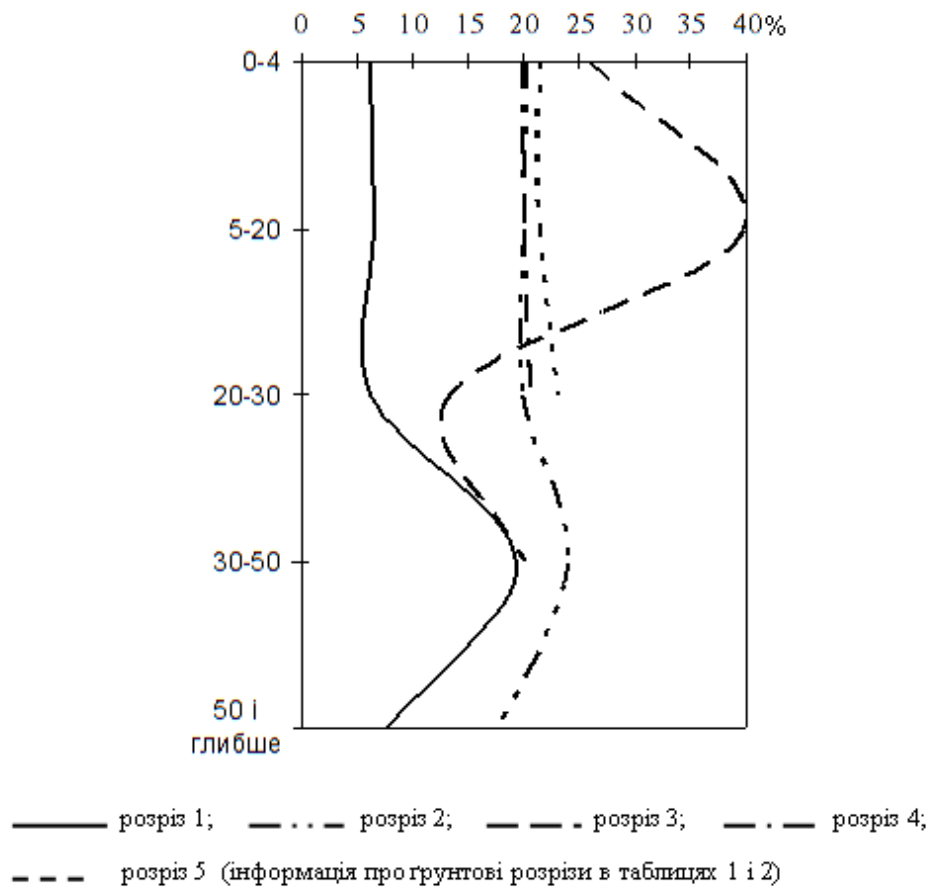


Рис. 1. Розподіл фізичної глини з глибиною в намівних техноґрунтах гідровідвалу.

Окремо слід звернути увагу на перебіг фізико-хімічних процесів в намивних техногрунтах та їхній вплив на процеси ґрунтоутворення загалом. Особливістю техногенних субстратів хвостосховища є надмірний вміст самородної сірки та подрібнено-розчинених карбонатних сполук (розмиті та перевідкладені ратинські вапняки), тоді як в гідровідвалі складовані переважно флювіогляціальні піски з домішками сірки, вапняків та суглинків. В породах хвостосховища міститься від 0,4 до 1,5% мінеральної сірки, тоді як валовий вміст сірки в природних дерново-підзолистих ґрунтах знаходиться в межах 0,01-0,2% [11]. Сірка є хімічно активним елементом і в процесі її мінералізації в аеробних умовах утворюються сульфати ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гіпс), а в анаеробних умовах, в присутності сульфат-редуючих бактерій, сульфідні (солі H_2S) [21]. Окрім того, сульфати знаходяться в ґрунті в адсорбованому стані, у вигляді домішок з карбонатами кальцію. Окислення сірки супроводжується накопиченням сірчаної кислоти, яка в процесі реакції з вапняком спочатку утворює ангідрит, а він гідролізується і переходить у гіпс.

Гіпс, як і більшість сульфатів, ідентифікується в ґрунтовому профілі у вигляді дрібнокристалічної порошкоподібної присипки або крупних кристалів. Окрім того, під час біохімічних реакцій змінюється об'єм порід, що призводить до збільшення пористості, зменшення щільності будови перехідних горизонтів. Вони набувають всіх ознак елювіювання, є практично безструктурними, з низьким вмістом фізичної глини і лише зі слідами гумусу та з характерним білясим кольором ґрунтового матеріалу. Прикладом формування ґрунту в умовах гіпсового елювіювання є ґрунтовий розріз № 3 (табл. 2).

Вихідний склад техногенних відкладів та внутрішньоґрунтові біохімічні процеси визначають слабколужну реакцію ґрунтового розчину (рН змінюється в межах 7,2-7,6) та підвищену карбонатність техноґрунтів, яка в окремих розрізах може сягати до 73% в горизонті Nd. Утворений у верхніх аеробних шарах ґрунту гіпс є легкорозчинним і з поверхні вимивається дощовими водами, тоді як карбонати кальцію, як менш рухомі сполуки, зв'язуються з гумусовими речовинами і закріплюються у приповерхневих горизонтах техноґрунтів. Отже, з глибиною вміст карбонатів кальцію зменшується, натомість вміст сульфатів, зокрема гіпсу, зростає в перехідних горизонтах до рівня залягання оглеєних шарів. В оглеєній товщі, нижче зони водоупору, формується сульфідна зона, збагачена сіркою та сірководнем, де процеси хімічних перетворень проходять дуже повільно. Процеси окислення сірки супроводжуються підкисленням ґрунтового розчину, тоді як процеси відновлення в анаеробних умовах сприяють ще більшому підлученню середовища, що підтверджується нашими результатами. Натомість, карбонатність техноґрунтів зменшується з глибиною і знову зростає на рівні підстилаючих техногенних субстратів. Встановлено, що в дернових техноґрунтах хвостосховища, які формуються в аеробних умовах, карбонатність знижується від 73% в горизонті Nd до 25% в горизонті Pe, на глибині 17-32 см і знову зростає до 50% в горизонті P. Дернові техноґрунти піщаної частини гідровідвалу, через свій породний склад, демонструють нижчу карбонатність на фоні слабколужної реакції ґрунтового розчину.

Формуючи свої властивості, намівні техноґрунти розширюють і спектр виконання ними основних екологічних функцій. Особливу вагу мають функції, які забезпечують життєвий простір для ґрунтової біоти, доступність поживних речовин та відсутність лімітуючих факторів для біохімічних процесів. Власне, на цьому етапі особливу увагу варто звернути на перебіг первинних сукцесій мікробіоти та рослинності, які будуть визначати динаміку ґрунтоутворення в майбутньому. Підтвердженням ефективності ґрунтово-рослинних сукцесій на території гідровідвалу є встановлене збільшення частки підземної фітомаси до надземної (співвідношення надземної частини до підземної 1:2,2 станом на 2012 рік) на противагу структурі піонерного угруповання (станом на 2001 рік), де співвідношення становило 1,5:1 (рис. 2). Власне таке співвідношення є характернішим для природних трав'яних угруповань.

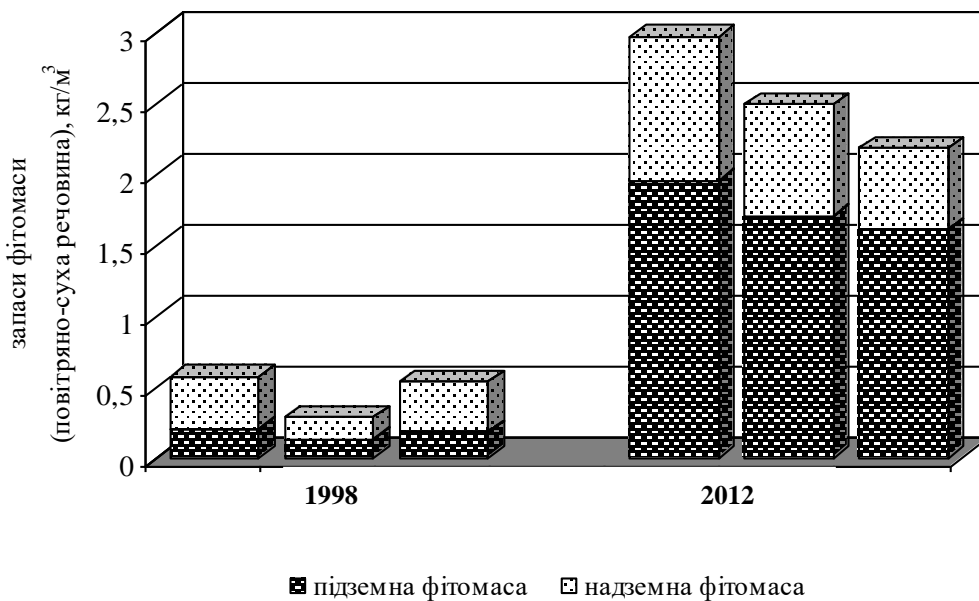


Рис. 2. Динаміка запасів та структури фітомаси рослинних угруповань гідровідвалу впродовж періоду дослідження 1998-2012 років.

Встановлено, що на деградованих гірничими розробками землях формуються квазіприродні екосистеми, у складі яких трапляються не лише тривіальні, але й рідкісні та зникаючі види біоти [6]. Збільшується різноманіття рослинних угруповань, вони стають стійкішими до впливу чинників ґрунтового середовища, а водночас, на різних стадіях свого розвитку, долучаються до процесу ґрунтоутворення.

Висновки

Моніторингові дослідження спрямованості та швидкості процесів ґрунтоутворення в межах гідровідвалу та хвостосховища сірчаного виробництва дозволили встановити ознаки структурування ґрунтового профілю техноґрунтів та активний розвиток внутрішньоґрунтових біохімічних процесів.

Формуються ґрунти дернового ряду, що відповідає природному типу ґрунтоутворення в регіоні. Намивні техноґрунти володіють задовільними фізичними властивостями, однак з низькою водоутримуючою здатністю, яка з часом збільшується. Ступінь прояву оглеєння залежить від рівня ґрунтових вод і збільшується від дамби до центру відстійника. В центральній частині гідровідвалу і хвостосховища, на берегах водойми, переважають болотні техноґрунти.

Техноґрунти не є токсичними для біоти, однак за своїми фізико-хімічними властивостями різняться від природних аналогів. Для них характерна слабколужна реакція ґрунтового розчину, низький вміст гумусу, кількість якого різко знижується вниз по профілю, низька ємність поглинання. Намивні техноґрунти хвостосховища розвиваються в умовах активного біохімічного перетворення карбонатних порід, що проявляється через гіпсове елювіювання і є аномальним для зонального ґрунтоутворення. Виявлені фізико-хімічні властивості впливають зараз і впливатимуть у майбутньому на формування тут біотичних угруповань та визначатимуть умови деструкції первинної органічної речовини.

Отримані результати підтверджують високу швидкість та ефективність перебігу процесів ґрунтоутворення в межах гідровідвалу, що дозволяє вести мову і про значну регенераційну здатність техногенної екосистеми загалом. Для розкриття механізмів реалізації цієї здатності необхідні подальші комплексні моніторингові дослідження.

1. Александрова Л.Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 295 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. Билонога В.М. Сукцессии растительности на отвалах серных месторождений Прикарпатья: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Днепропетровск, 1989. – 16 с.
4. Билонога В.М., Тереля И.П. Особенности деструкции органического материала в техногенных условиях Предкарпатского месторождения серы // Экология. – 1989. – №5. – С. 70-72.
5. Быстрый В.А. О методах изучения корневых систем растений // Почвоведение. – 1974. – №4. – С. 155-158.
6. Вовк О.Б., Струс Ю.М., Кузярін О.Т., Рагуліна М.Є., Орлов О.Л. Созологічна оцінка ґрунтового та біотичного різноманіття техногенних екосистем ДГХП "Сірка" // Подільські читання (Географія. Біологія. Екологія. Охорона природи): Мат.-ли міжнар. наук.-практ. конференції, Тернопіль, 23-24 травня 2013 р. – Тернопіль, 2013. – С. 193-196.
7. Гайдін А.М., Зозуля І.І. Нові озера Львівщини. Вид. 2-ге [перероб. та доп.]. – Львів: Вид-во ТзОВ "Афіша", 2009. – 103 с.
8. Иванов С. Ландшафты гірничопромислових територій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені І. Франка, 2007. – 334 с.
9. Козловський В.І. Важкі метали в ґрунтах техногенних ландшафтів родовищ самородної сірки Передкарпаття (Україна) // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, №3-4. – С. 101-107.

10. Маланчук М. Інвентаризація земель, порушених промисловими розробками передкарпатських родовищ сірки [Електронний ресурс] / М. Маланчук // Зб. наук. праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2011. – №1(21). – С. 221. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/sdgn/2011_1/55.pdf.
11. Марискевич О., Левик В., Шпаківська І., Бжезінська М. Оксидоредуктазна активність ґрунтів техногенних ландшафтів сірчаних родовищ Передкарпаття // *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. Біологія.* – 2008. – Вип. 24. – С. 78-82.
12. Марискевич О.Г., Шпаківська І.М., Білонога В.М., Рабик І.В., Яворницький В.І. Сукцесія біоти на відвалах сіркодобувних родовищ Львівщини // *Відновлення порушених природних екосистем: Мат.-ли II міжнар. конф. (м. Донецьк, 6-8 вересня 2005 р.).* – Донецьк: ТОВ "Лебідь", 2005. – С. 171-173.
13. Марискевич О.Г., Шпаківська І.М., Дідух О.І. Формування ґрунтів у межах техногенного ландшафту Яворівського ДГХП "Сірка" // *Наук. вісн. Чернівець. ун-ту: Зб. наук. праць.* – Вип. 251. – Біологія. – 2005. – С. 175-185.
14. Оленчук Я., Николин А. Ґрунти Львівської області. – Львів: Камінь, 1969. – 83с.
15. Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель. – Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 160 с.
16. Полупан Н.И. и др. Полевой определитель почв. – К.: Урожай, 1981. – 320 с.
17. Практикум по почвоведению / Под ред. И.П. Гречина. – М.: Колос, 1964. – 423 с.
18. Рабик І.В. Колонізація мохоподібними дегазованих екотопів Яворівського ДГХП "Сірка"//*Мат.-ли міжнар. наук. конф. "Проблеми збереження, відновлення та збагачення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища"* (Кривий Ріг, 16-19 травня 2005 р.). – Кривий Ріг, 2005. – С. 384-385.
19. Романик Н.М. Оптимізація дегазованих ландшафтів Яворівського гірничо-хімічного комбінату шляхом фітомеліорації // *Наук. вісн. УкрДЛТУ: Зб. наук.-тех. праць.* – Львів: УкрДЛТУ, 2005. – Вип. 13.5. – С. 63-65.
20. Сабан Б.А., Перит Г.Т., Неживый З.П., Малицкий В.К., Франкевич В.К. Отчет. Биологическая рекультивация земель, нарушенных при открытой добыче серы на территории Роздольського ПО "Сера". – Дубляны: Изд-во "Прут", 1990. – 95 с.
21. Химия почв: Учебник / Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. – М.: Высш. школа, 2005. – 558 с.
22. Яворівське державне гірничо-хімічне підприємство "Сірка". – Новояворівськ, 2001. – 175 с.
23. Яворницький В.І., Яворницька І.В. Комахи в угрупованнях ґрунтової мезофауни територій дегазованих сірчанорудним виробництвом // *Загальна і прикладна ентомологія в Україні: Тез. доп. наук. ентомологічної конф. присвяченої пам'яті чл.-кор. НАН України В.Г. Доліна (м. Львів, 15-19 серпня 2005 р.).* – Львів, 2005. – С. 256-260.
24. Vovk Oksana. Anthropogenic soils of quarry ground compositions in Roztochia Region (Ukraine) // *Soil anthropization VI.* – Bratislava, 2001. – P. 97-101.
25. Levyk V., Brzezińska M. Stan środowiska glebowego na terenie byłej kopalni siarki „Jaworów” (Ukraina) i „Machów” (Polska) w świetle aktualnych badań // *Acta Agrophysica.* – 2007. – № 10 (1). – S. 149-157.
26. Levyk V., Maryskevych O., Brzezińska M. and Włodarczyk T. Dehydrogenase activity of technogenic soils of former sulphur mines (Yavoriv and Nemyriv, Ukraine) // *International Agrophysics.* – 2007. – №3. – P. 219-224.

Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів

e-mail: oksana@museum.lviv.net; orlov0632306454@gmail.com

Вовк О.Б., Орлов О.Л.

Динамика процессов почвообразования на техногенных субстратах гидроотвала Яворовского ГГХП "Сирка"

В статье представлены результаты мониторинговых исследований процессов почвообразования на техногенных субстратах гидроотвала. Установлено, что тут формируются почвы дернового ряда. За 20 лет самовосстановления произошло структурирование почвенного профиля, оптимизировались водно-физические свойства намывных техногрунтов. В то же время, они развиваются в условиях активного биохимического преобразования карбонатных пород, что проявляется путем гипсового элювирования и является аномальным для зонального почвообразования. Намывные техногрунты не токсичны для биоты, о чем свидетельствует весовое увеличение подземной части фитомассы растительных сообществ по сравнению с надземной.

Ключевые слова: *техногрунт, гидроотвал, почвообразование, техногенный субстрат, фитомасса, почвенный профиль.*

Vovk O., Orlov O.

The soil formation process dynamics on technogenic substrates of the hydraulic mine dump of Yavorivski SMCE "Sirka"

The results of monitoring investigations of soil formation processes within the technogenic substrates of hydraulic mine dump are present. The soils of the sod-range is formed here. During 20 years of repair itself the structuring of the soil profile has occurred, water and physical characters of alluvial technogrounds are optimized. At the same time, these types of soils are evolved in the conditions of active biochemical transformation of calcareous rocks. This is manifested by gypsum eluviation, which is anomalous for the zonal soil shaping. Alluvial technogrounds is not toxic for the biota. This is evidenced by significant increase of the underground part of the plant communities biomass in compare to aboveground part.

Key words: *technoground, hydraulic mine dump, soil formation, technogenic substrate, phytomass, soil profil.*