

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТОВОГО ТА РОСЛИННОГО ПОКРИВУ НА ТЕРИТОРІЯХ ПІДЗЕМНОЇ ВИПЛАВКИ СІРКИ НА ПРИКЛАДІ НЕМИРІВСЬКОГО РОДОВИЩА (ЯВОРІВСЬКИЙ РАЙОН, ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ)

ОКСАНА ГЕОРГІЙВНА МАРИСКЕВИЧ
ІРИНА МИРОНІВНА ШПАКІВСЬКА
ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ КАГАЛО
ВОЛОДИМИР ІГОРОВИЧ КОЗЛОВСЬКИЙ
ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА РАБИК

МАРИСКЕВИЧ О. Г., ШПАКІВСЬКА І. М., КАГАЛО О. О., КОЗЛОВСЬКИЙ В. І., РАБИК І. В. Особливості відновлення ґрунтового та рослинного покриву на територіях підземної виплавки сірки на прикладі Немирівського родовища (Яворівський район, Львівська область) // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2014. – Том 5(12), № 1. – С. 193-220. – ISSN 2220-3087.

Проведено дослідження особливостей формування рослинного й ґрунтового покриву на території підземної виплавки сірки західної частини Немирівського родовища Яворівського державного гірничо-хімічного підприємства “Сірка”. У межах трансекти площею 12000 м² встановлено видовий склад судинних і мохоподібних вищих рослин, ценотичну структуру трав’яного ярусу рослинних угруповань, описано морфологічні особливості та визначено основні фізико-хімічні та біотичні властивості ґрунтів (актуальна кислотність, уміст органічного вуглецю та рухомої сірки, ферментативна активність), а також уміст рухомих форм важких металів. Установлено, що основним чинником деградації рослинного й ґрунтового покриву є збільшення актуальної кислотності ґрунтів за рахунок значного вмісту рухомих сульфатів унаслідок технологічних порушень та аварійних ситуацій впродовж періоду експлуатації видобувних полів. Спостерігається позитивна часова динаміка самоочищення техногенно забрудненої території, але цей процес відбувається повільно, оскільки ускладнюється окисленням елементарної сірки, яка перебуває на денній поверхні, що призводить до повторного підкислення ґрунтового розчину. Це сповільнює самозаростання території вищими рослинами та гальмує вторинну демутаційну сукцесію.

Ключові слова: підземна виплавка сірки, рослинний покрив, ґрунтовий покрив, сукцесія, Львівська область

Сірчані родовища Львівської області розташовані в зоні контакту Східних Карпат і Західно-Європейської рівнини. Найбільшими родовищами за балансовими запасами були Немирівське-Західне (147,0 млн. т), Немирівське-Східне (98,4), Гримнівське (83,4) та Язівське (81,6) родовища. У Передкарпатському сірконосному басейні, який охоплює територію 90 тис. га, під промислові розробки було виділено понад 12 тис. га (Панас, 1989). Найпотужнішим виробником сірки в регіоні було Яворівське державне гірничо-хімічне підприємство (ДГХП) “Сірка”, створене на базі Язівського та Немирівського родовищ самородної сірки, розташованих у північно-західній частині Сянського Передкарпаття, в умовах моноклінальної структури генетично й просторово пов’язаної з

гіпсоангідритовим горизонтом неогену (Іванов, 2009). Видобуток сірки кар'єрно-відвальним методом та методом підземної виплавки (ПВС) призвів до, здебільшого, деградаційних змін природного ландшафту на значних площах. Економічно рентабельнішим способом видобутку сірки був метод підземного виплаву (метод Фраша).

Особливості територіальної диференціації природних умов і характеру гірничо-видобувних робіт на території Львівської області зумовили виникнення низки екологічних проблем у межах основних гірничопромислових територій. Унаслідок відкритого (кар'єрного) видобутку й підземної виплавки сірки в межах Яворівського ДГХП сформувалися два типи порушень ландшафтних систем – кар'єрно-відвальний та підземно-пустотний, який зумовлений впливом підземної виплавки. Підземно-пустотний тип зумовлює трансформацію літосфери на глибину понад 100 м, зміну режиму підземних вод, активізацію просідання, карсту та інших геодинамічних процесів. Відбувається інтенсивне забруднення ґрунтового покриву, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, атмосферного повітря (Іванов, 1999), яке супроводжується формуванням техногенних ґрунтів – хемоземів з високим умістом токсичних мінеральних сполук, зокрема елементарної та сульфатної сірки (Шпаківська, 2008).

Унаслідок зменшення світових цін на сірку в 1994 р., діяльність гірничо-хімічних підприємств України була зупинена через збитковість виробництва. Від 2001 р. розпочалися роботи щодо ліквідації підприємств, на території яких, з огляду на відсутність коштів для проведення заходів технічної й біологічної рекультивації, відбуваються процеси спонтанного самовідновлення рослинного та ґрунтового покриву. На підставі дослідження цих територій можна визначити ступінь деградованості рослинного й ґрунтового покриву внаслідок впливу технологічного процесу підземної виплавки сірки, а також оцінити потенціал їх самовідновлення у разі припинення техногенного навантаження. З огляду на це, метою роботи було вивчення особливостей формування ґрунтів і рослинного покриву судинних рослин і мохоподібних на посттехногенних територіях ПВС Немирівського родовища самородної сірки.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили на території техногенного ландшафту ПВС західної частини Немирівського родовища, що перебувала в експлуатації впродовж 1982-1996 рр.

Ділянки ПВС на цей час є локальними осередками посттехногенних девастрованих територій з системою водовідвідних каналів, фрагментарним рослинним покривом, трансформованими та хімічно-забрудненими ґрунтами (рис. 1, 2).

У межах ізотерми 120 °С, як зони максимального термічного впливу на територію родовища, була закладена моніторингова ділянка площею 1,2 га (240 × 50 м), що включала три трансекти, відстань між якими становила 20 м. Координати ділянки у межах основної трансекти були визначені з використанням системи глобального позиціонування (прилад GPS GARMIN 72, № 010-10141-00).

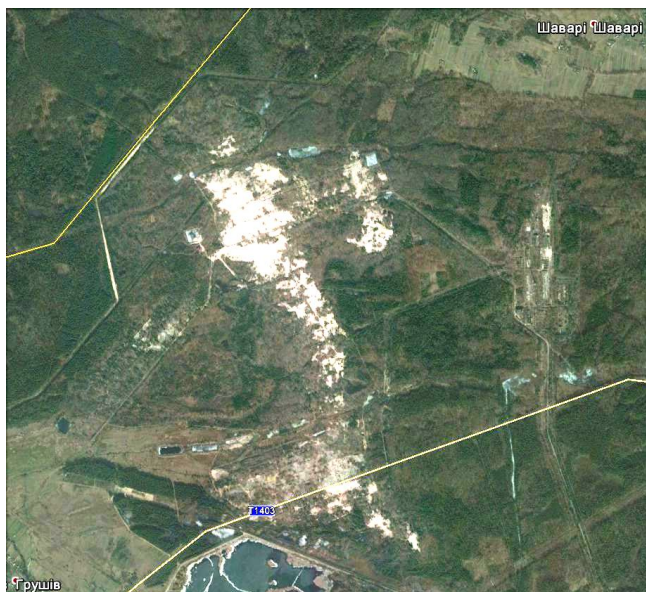


Рис. 1. Сучасний ландшафт території підземної виплавки цинку на ділянці Немирів-Захід Яворівського ДГХП "Сірка" <http://earth.google.com>



Рис. 2. Загальний вигляд моніторингової ділянки на території ділянки Немирів-Захід Яворівського ДГХП "Сірка".

Моніторингова ділянка розташована у межах координат $50^{\circ}06'57''$ - $50^{\circ}06'45''$ N; $23^{\circ}20'29''$ - $23^{\circ}20'08''$ E, середня висота над рівнем моря становить 234 ± 4 м. Уздовж кожної з трансект через 20 м були відібрані зразки ґрунту для оцінки латерального розподілу фізико-хімічних властивостей, умісту

Усі показники фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунтів наведені в розрахунку на повітряно-суху масу ґрунту й рослин.

Результати досліджень та їх обговорення

Основними чинниками негативного впливу технологічного процесу підземної виплавки сірки на компоненти довкілля є геомеханічні зміни під час формування свердловин на експлуатаційних полях з використанням важкої техніки та значного підкислення ґрунтів за рахунок ерупції, аварій і розпилення елементарної сірки (Siuta, Lekan, Żórawska, 1971; Gołda, 1995). Зокрема, недотримання режиму експлуатації видобувних свердловин і водовідливу призводить до викидів в атмосферу аерозолі мінеральної сірки та сірководню, поверхня гірничо-видобувних полів забруднюється елементарною сіркою та виливами відпрацьованого високомінералізованого теплоносія, нагрітого до температури 60-80(120) °C. Забруднення поверхні також відбувається за рахунок ерупції сірки з відкритої сіркозбірної ємності внаслідок потрапляння в неї води з видобувних свердловин. З огляду на це, на території ПВС сформувалися локальні осередки з різним ступенем забруднення сполуками сірки, які, у свою чергу, зумовлюють мозаїчність едафічних умов, що впливає на відновлення рослинного покриву, та умов формування ґрунтового профілю.

Установлено, що для рослинного покриву на дослідженій трансекті характерний високий рівень ценотичної диференційованості.

Виділено 34 типи виділів, більшість з яких відповідає ініціальним і початковим стадіям демуатаційної сукцесії. Вплив негативних чинників, пов'язаних з технологічними процесами ПВС, здійснювався диференційовано по території, зокрема ерупція розплавленої сірки, виливи гарячої води – здебільшого локалізовані на порівняно невеликих площах, що, переважно, не перевищують декількох м².

Тому, ландшафтна екосистема виположеного горбогір'я з піщаними й супіщаними флювіогляціальними відкладами, для якої в минулому були характерні сосново-дубові та реліктові смереково-сосново-дубові ліси з пануванням у трав'яному покриву бореальних видів, зберегла високий демуатаційний потенціал. Про це свідчить відсутність бур'янових (стрижнекорневих) фаз в демуатаційній сукцесії, навіть в умовах мезоекотопів з докорінно трансформованим (фактично зруйнованим) едафотопом. Демуатаційна сукцесія після перебігу короткотривалих ініціальних стадій, на яких переважають бріофіти, відбувається відразу за постексцизійним типом. Панівним піонерним видом є *Calamagrostis epigeios*, характерний в регіоні для зрубів на початкових стадіях демуатації. Важливо, що цей вид належить до мезотрофів, тому можна опосередковано констатувати збереженість високого рівня забезпеченості субстрату елементами живлення.

У межах моніторингової ділянки виявлено 97 таксонів і гібридів судинних рослин, що належать до 29 родин та 70 родів. З них деревних порід 9 таксонів, чагарників – 11, напівчагарників – 3 (табл. 1).

Таблиця 1.

Список видів судинних рослин, що виявлені у межах трансекти на території підземної виплавки сірки Немирів-Захід, Яворівський район, Львівська область

№	Родина	Вид
1	2	3
1.	<i>Asteraceae</i>	<i>Achillea millefolium</i> <i>Artemisia absinthium</i> <i>Chamomilla recutita</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Crepis tectorum</i> <i>Erigeron acris</i> <i>Erigeron canadensis</i> <i>Eupatorium cannabinum</i> <i>Hieracium umbellatum</i> <i>Hypochoeris radicata</i> <i>Leontodon autumnalis</i> <i>Leucanthemum vulgare</i> <i>Picris hieracioides</i> <i>Pilosella officinarum</i> <i>Senecio vulgaris</i> <i>Solidago canadensis</i> <i>Solidago virgaurea</i> <i>Sonchus arvensis</i> <i>Stenactis annua</i> <i>Taraxacum officinale</i> <i>Tussilago farfara</i>
2.	<i>Poaceae</i>	<i>Agrostis canina</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Calamagrostis epigeios</i> <i>Corynephorus canescens</i> <i>Digitaria ischaemum</i> <i>Festuca ovina</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Holcus mollis</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Poa annua</i> <i>Poa compressa</i> <i>Poa palustris</i>
3.	<i>Salicaceae</i>	<i>Populus tremula</i> <i>Salix aurita</i> <i>Salix aurita</i> × <i>cinerea</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix caprea</i> × <i>cinerea</i> <i>Salix cinerea</i> <i>Salix fragilis</i> <i>Salix fragilis</i> × <i>cinerea</i>

Продовження таблиці 1.

1	2	3
4.	<i>Fabaceae</i>	<i>Medicago lupulina</i> <i>Medicago lupulina</i> var. <i>wildenowii</i> <i>Melilotus albus</i> <i>Trifolium arvense</i> <i>Trifolium dubium</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Vicia angustifolia</i>
5.	<i>Onagraceae</i>	<i>Chamaenerion angustifolium</i> <i>Epilobium collinum</i> <i>Oenothera bienis</i> <i>Oenothera rubricaulis</i>
6.	<i>Rosaceae</i>	<i>Pyrus communis</i> <i>Rubus caesius</i> <i>Rubus idaeus</i> <i>Rubus plicatus</i>
7.	<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex digitata</i> <i>Carex leporina</i> <i>Carex vulpina</i>
8.	<i>Juncaceae</i>	<i>Juncus buffonius</i> <i>Juncus conglomeratus</i> <i>Juncus effusus</i>
9.	<i>Apiaceae</i>	<i>Daucus carota</i> <i>Peucedanum cervaria</i> <i>Pimpinella saxifraga</i>
10.	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus robur</i>
11.	<i>Pinaceae</i>	<i>Picea abies</i> <i>Pinus sylvestris</i>
12.	<i>Betulaceae</i>	<i>Betula pendula</i> <i>Betula pubescens</i>
13.	<i>Ericaceae</i>	<i>Calluna vulgaris</i> <i>Ledum palustre</i>
14.	<i>Aspidiaceae</i>	<i>Dryopteris austriaca</i> <i>Dryopteris carthusiana</i>
15.	<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago lanceolata</i> <i>Plantago major</i>
16.	<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex acetosa</i> <i>Rumex acetosella</i>
17.	<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Cerastium semidecandrum</i>
18.	<i>Liliaceae</i>	<i>Convallaria majalis</i>
19.	<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum arvense</i>
20.	<i>Rhamnaceae</i>	<i>Frangula alnus</i>
21.	<i>Hypericaceae</i>	<i>Hypericum perforatum</i>
22.	<i>Lycopodiaceae</i>	<i>Lycopodium clavatum</i>
23.	<i>Primulaceae</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i>
24.	<i>Pyrolaceae</i>	<i>Orthilia secunda</i>

Продовження таблиці 1.

1	2	3
25.	<i>Hypolepidaceae</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>
26.	<i>Urticaceae</i>	<i>Urtica dioica</i>
27.	<i>Vacciniaceae</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
28.	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Veronica officinalis</i>
29.	<i>Violaceae</i>	<i>Viola reichenbachiana</i>

Огляд списку видів (їхня загальна кількість становить 96) дає підстави стверджувати, що демуаційні процеси відбуваються чітко в напрямку формування регіональних природно-історично зумовлених типів лісових ценозів, причому без формування фаз рудерально-евтрофної рослинності, що характерно для інших варіантів техногенної трансформації едафотопів, у тому числі й формування рослинного покриву на відвалах, які є елементами відкритого способу розроблення покладів сірчаної руди. Загальна флористична пропорція становить 1 : 2,4 : 3,3, що, у порівнянні з аналогічною пропорцією регіональної флори (1 : 4,1 : 9,6), свідчить, що формування сукупного флороценотичного комплексу територій, порушених підземною виправкою сірки, відбувається у процесі демуації відповідно до загальних закономірностей систематичної структури регіональної флори. Це є підтвердженням того, що основні екологічні параметри території, що є визначальними для відновлення природно-притаманних їй флороценотичних комплексів, збереглися. Спостерігається схоже співвідношення основних елементів систематичної структури флори, пропорційно змінене внаслідок неповноти видового складу, зумовленої несформованістю рослинного покриву дослідженої території. Разом з тим, взаємна адекватність обох пропорцій є свідченням того, що процеси демуації відбуваються в напрямку формування угруповань, які відповідають зонально-регіональним екотопологічним флорокомплексам.

Значна частка деревних і чагарникових видів є свідченням сільватизаційного характеру сукцесії.

У родинному спектрі провідну роль відіграють *Asteraceae* (21 вид), *Poaceae* (13), *Salicaceae* (9), *Fabaceae* (8), *Onagraceae* (4), *Rosaceae* (4), *Cyperaceae* (3), *Juncaceae* (3) та *Apiaceae* (3). Загалом, можна стверджувати значну відповідність регіональному спектрові флори з урахуванням специфіки приналежності угруповань території до серійних в рамках однотипного сукцесійного ряду. Разом з тим, він позбавлений ознак надмірної рудералізованості.

Наявність на закладеній трансекті трьох регіонально рідкісних видів *Lycopodium clavatum*, *Ledum palustre* та *Orthilia secunda*, свідчить про значну збереженість і відповідність регіональному типу еколого-фітоценотичних умов.

Отже, еколого-ценотична й флорологічна характеристики дослідженої території ПВС Немирівського родовища свідчить про такі особливості:

- незважаючи на значну трансформацію екотопу, ландшафтна екосистема дослідженої території зберігає високий фітобіотичний відновний потенціал;
- завдяки цьому демуаційна сукцесія, що відбувається за бореальним мезо-оліготрофним рядом, має прискорений перебіг, а її локальними стриму-

вальними чинниками є лише особливості рН субстрату та мікрорельєфу;

– можна прогнозувати повне завершення демутації рослинного покриву території в межах часу, що відповідає віку повної зміни одного покоління основних едифікаторів, тобто становить 350-450 років.

Серед мохоподібних домінують космополітні види: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. (частота трапляння [ч.т.] = 15%, проективне покриття [п.п.] = 12,18%) і *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. (ч.т. = 10%, п.п. = 5,06%). Виявлені також 6 видів мохів: *Polytrichum piliferum* Hedw. (ч.т. = 10%, п.п. = 0,63%), *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp. (ч.т. = 5%, п.п. = 4,69%), *Polytrichum commune* Hedw. (ч.т. = 5%, п.п. = 1,25%), *Bryum caespiticium* Hedw. (ч.т. = 5%, п.п. = 0,62%), *Polytrichum longisetum* (Sw. ex Brid.) G.L. Sm. (ч.т. = 5%, п.п. = 0,31%), *Funaria hygrometrica* Hedw. (ч.т. = 5%, п.п. = 0,15%).

На дослідженій території виявлені такі основні етапи посттехногенної демутаційної сукцесії:

1. Ініціальні (специфічні види бріофітів); угруповання цієї стадії представлені виключно на повністю деградованих сильноокислих субстратах (пісок з домішкою елементарної сірки), що зумовлює відсутність судинних рослин.

2. Початкові демутаційні (*Calamagrostidetum epigei purum*); угруповання цього етапу представлені монодомінантними угрупованнями. Частка інших видів незначна, їх участь у складі угруповань має випадковий характер і вони не відіграють істотної ролі.

3. Початкові сільватизаційні (*Pineto-Betuletum calamagrostidosum*); цей етап визначається істотною відмінністю ступеня видової насиченості угруповань і значною мозаїчністю, яка формується як за структурою деревно-чагарникового ярусу, в якому присутні *Pinus sylvestris* і *Betula pendula*, так і трав'яного покриву.

4. Проміжні сільватизаційні (*Pineto-Betuletum calamagrostidoso-callunetosum*), для яких характерна поява значної частки поновлення *Quercus robur* і, спорадично, *Picea abies* та *Fagus sylvatica*; наявність ялини в угрупованнях регіону є ознакою реліктової екосистеми, а її доволі інтенсивне поновлення в угрупованнях демутаційного сукцесійного ряду свідчить про високий рівень консервативності цього типу екосистем і відповідності умов екотопу параметрам їх існування.

5. Стабілізації лісових угруповань (*Pineto-Betuletum vaccinioso-pteridiosum*), які відзначаються збільшенням участі типових бореальних видів з родів *Pyrolaceae*, *Ericaceae* та *Lycopodiaceae*.

6. Прикінцеві лісові (*Pineto-Quercetum pteridiosum*), стадія виділена умовно, оскільки представлена залишковими, а не сформованими в процесі демутації угрупованнями.

7. Залишкові умовно-корінні природні фітоценози (*Piceeto-Querceto-Pinetum vacciniosum*, *Piceeto-Fageto-Quercetum vaccinioso-pteridiosum*).

Особливістю сукцесійного ряду на дослідженій території є інтенсивний перебіг початкових стадій демутації та значна різноманітність структури угруповань, зумовлена особливостями мікрорельєфу. Так, в умовах мікропідви-

щень сформувалися угруповання з домінуванням у трав'яному покриві *Corynephorus canescens*, що свідчить про чітко бореально-мезо-оліготрофний ряд демутації, який зумовлений особливостями гранулометричного складу субстрату та гідро-термічним режимом екотопів.

Підріст головних едифікаторів як демутаційних стадій (*береза*), так і стадій формування природно-історично зумовлених в регіоні типів угруповань (*дуб, ялина, бук*), спостерігається на ранніх етапах сукцесії, що також є свідченням високого відновного потенціалу території.

Грунтовий покрив ділянки Немирівського рудника представлений біогенно-нерозвиненими ембріоземами, які починають формуватися внаслідок відновної сукцесії рослинного покриву на залишках зональних ґрунтів, що належать до дерново-слабопідзолистих супіщаних ґрунтів, характерних для північно-західної частини Розточчя, сформованих на водно-льодовикових відкладах (Оленчук, Николин, 1969).

Посттехногенні біогенно-нерозвинені ґрунти, що сформувалися на ґрунтовірних породах, які за гранулометричним складом близькі до ґрунтовірних порід зональних ґрунтів, належать до двох типів: ембріоземи ініціальні та гумусовоаккумулятивні.

Ембріоземи ініціальні (розрізи 1, 3, 5, 11, 13; прикопки 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15; 1а, 3а, 5а, 7а, 9а, 11а, 13а, 15а; 1в, 3в, 5в, 7в, 9в, 11в, 13в, 15в) репрезентують ділянки, на яких розпочинається формування рослинного покриву (горизонт С). Диференціація на горизонти у них проведена за кислотністю. Виділяється горизонт С і горизонт Сх, у якому показники актуальної кислотності (за винятком моніторингових точок 13 і 15) значно перевищують цей параметр для природних ґрунтів за градацією по кислотності ґрунтового розчину (нижня межа кислотності сильнокислих ґрунтів природного походження для цієї території 3,5 од. рН). Тому всі горизонти, де цей показник був нижчим за 3,0 од. рН ми зараховували до хімічно забруднених горизонтів і позначали індексом Сх. Ініціальні ембріоземи належать до піщаних і супіщаних різновидностей. Уміст органічної речовини у 0-10 (15) см шарі цих ґрунтів коливається в широких межах – від 0,14 до 7,98% (хоча переважають величини, нижчі 0,5%), що може бути пов'язано з високим умістом елементарної сірки (табл. 2; рис. 4, 5).

Рослинний покрив на цих ембріоземах дуже фрагментарний і представлений ініціальними, початковими демутаційними та початковими сільватизаційними угрупованнями, які займають незначні площі.

Ембріоземи гумусовоаккумулятивні (розріз 19, прикопки 17, 19, 21, 23, 25, 17а, 19а, 21а, 23а, 25а; 17в, 19в, 21в, 23в і 25в) є характерними для проміжної та стабілізаційної сільватизаційних стадій сукцесії рослинного покриву, представлених лісовими угрупованнями різного флористичного складу. Формула ґрунтового профілю – (аС) – (АС) – С. Горизонт С може бути диференційований на декілька підгоризонтів, що різняться гранулометричним складом та щільністю. Гумусовий горизонт незначної потужності (1-4 см), переважно фрагментарний, зрідка фронтальний. Ці ґрунти є

переважно середньоокислими або близькими до нейтральних, за гранулометричним складом вони поділяються на піщані та зв'язнопіщані. Усі досліджені різновидності емібіоземів гумусовоаккумулятивних за вмістом гумусу належать до категорії безгумусних.

Таблиця 2.

Латеральний і профільний розподіл рухомих форм важких металів (ацетатно-амонійний буфер з рН 4,8) на моніторинговій ділянці техногенного ландшафту підземної виплавки сірки Немирівського родовища

№ розрізу	Генетичні горизонти	Потужність горизонту, см	Глибина відбору зразка, см	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe	Mn
				мкг·г ⁻¹					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Емібіозем ініціальний									
1	C	0-55	0-10	≤1,0	≤0,05	0,5	1,2	126	1,0
			10-20	≤1,0	≤0,05	0,4	2,3	162	1,9
			20-30	≤1,0	≤0,05	0,3	1,0	18	0,3
			30-40	≤1,0	≤0,05	0,3	3,0	133	0,2
			40-50	≤1,0	≤0,05	0,8	3,0	139	0,3
3	C	0-50	0-10	≤1,0	≤0,05	0,6	0,6	54	0,3
			10-20	≤1,0	≤0,05	0,4	0,7	25	0,5
			20-30	≤1,0	≤0,05	0,3	0,7	12	0,3
			30-40	≤1,0	≤0,05	0,2	0,4	5	0,3
			40-50	≤1,0	≤0,05	0,5	0,4	261	0,5
5	C₁	0-40	0-10	≤1,0	≤0,05	0,5	1,7	63	0,2
			10-20	≤1,0	≤0,05	0,1	1,1	27	0,4
			20-30	≤1,0	≤0,05	0,1	0,3	12	0,4
			30-40	≤1,0	≤0,05	0,1	≤0,1	6	0,4
	C₂	40-60	40-50	≤1,0	≤0,05	0,1	0,1	5	0,4
11	C₁	0-30	0-10	≤1,0	≤0,05	0,9	≤0,1	6	0,6
			10-20	≤1,0	≤0,05	0,2	0,7	5	0,4
			20-30	≤1,0	≤0,05	0,3	0,4	5	0,5
	C₂	30-50	30-40	≤1,0	≤0,05	0,4	0,3	7	0,3
			40-50	≤1,0	≤0,05	0,2	0,6	7	0,2
13	C	0-60	0-10	≤1,0	≤0,05	0,2	0,3	21	≤0,1
			10-20	≤1,0	≤0,05	≤0,1	0,8	17	≤0,1
			20-30	≤1,0	≤0,05	≤0,1	0,5	13	≤0,1
			30-40	≤1,0	≤0,05	0,1	0,4	8	≤0,1
			40-50	≤1,0	≤0,05	≤0,1	0,4	14	≤0,1

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ембріозем гумусовоаккумулятивний									
19	C₁	1,5-55	1,5-10	≤1,0	≤0,05	0,6	0,7	29	0,5
			10-20	≤1,0	≤0,05	0,1	1,0	25	0,8
			20-30	≤1,0	≤0,05	≤0,1	0,7	31	1,8
			30-40	≤1,0	≤0,05	0,1	0,5	30	1,4
			40-50	≤1,0	≤0,05	0,1	0,8	18	1,2
	C₂	55-60	55-60	≤1,0	≤0,05	1,0	0,8	216	5,5
Дерново-слабопідзолистий супіщаний ґрунт									
27	Ae	0-9	0-9	≤1,0	≤0,05	0,6	0,8	261	1,0
	Ea	9-13	9-13	≤1,0	≤0,05	0,8	0,5	108	0,7
	I	13-35	20-30	≤1,0	≤0,05	0,9	0,5	63	0,7
	Ife	35-50	40-50	≤1,0	≤0,05	1,0	0,5	36	0,5

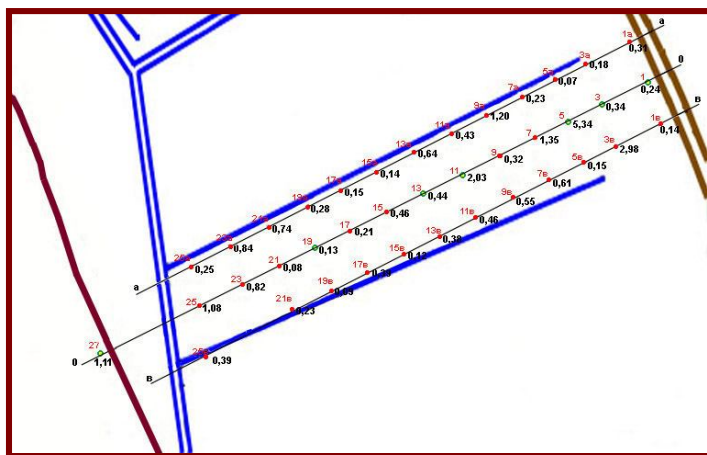


Рис. 4. Латеральний розподіл кислотності ґрунтового профілю на моніторинговій ділянці.

Дерново-слабопідзолисті ґрунти (розріз 27), які залишилися під останцями дубово-соснових лісів. Для них характерний супіщаний гранулометричний склад. Легкий гранулометричний склад сприяє високій водопроникливості й низькій вологоємності ґрунту. Унаслідок цього профіль таких ґрунтів слабо диференційований на горизонти вимивання й вмивання. За вмістом органічної речовини дерново-слабопідзолисті супіщані ґрунти належать до малогумусних, за величиною актуальної кислотності – до середньокислих (Оленчук, Николин, 1969). Рослинний покрив на цих ґрунтах представлений умовно корінними зональними смереково-дубово-сосновими лісовими угрупованнями.

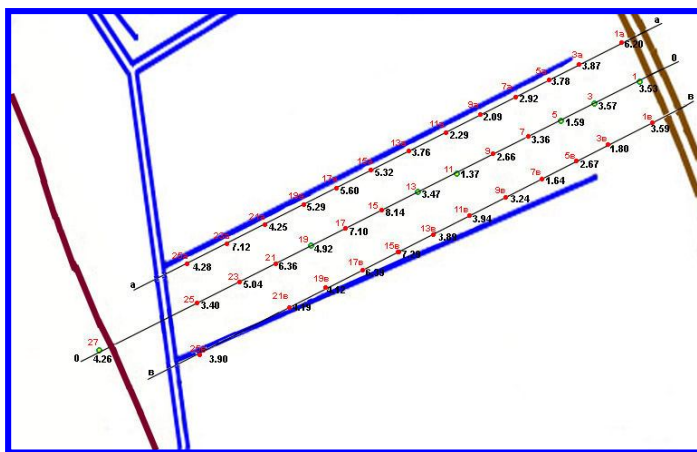


Рис. 5. Латеральний розподіл органічної речовини на моніторинговій ділянці Немирів-Захід, %.

З'ясування питання щодо якісного складу органічної речовини ґрунту потребує додаткових досліджень (передовсім, встановлення вмісту водорозчинних форм органічного вуглецю), оскільки в умовах підземної виплавки сірки може відбуватися істотна модифікація компонентного складу органічної речовини ґрунту (вплив технології добування, передовсім гарячої води в межах ізотерми 120 °С).

Важливим моментом досліджень було визначення вмісту в ґрунтовому покриві території рухомої сірки, яка в аеробній зоні представлена сульфатами, які можуть спричиняти значні зміщення кислотності ґрунтів у бік підкислення. Установлено, що в межах дослідженої території спостерігається широкий діапазон умісту цього елемента в латеральному розподілі – від 2,6 до 2403,1 мг рухомої сірки кг^{-1} , у той час, коли ГДК рухомої сірки для ґрунтів становить 160 мг $\text{S-SO}_4 \text{ кг}^{-1}$. Найвищий вміст рухомої сірки зафіксований на трансекті 0 (розташований по лінії свердловин), нижчий – на трансекті В та найнижчий – на трансекті А. Уміст рухомої сірки у верхньому 0-10 см горизонті ґрунту зменшувався у напрямку до непорушених ділянок ґрунтового покриву, зокрема на ділянці зонального контролю – дубово-соснового лісу – вміст сірки становив 24,5 мг $\text{S-SO}_4 \text{ кг}^{-1}$ (рис. 6). Встановлено, що вміст рухомої сірки у верхніх горизонтах в окремих випадках перевищував ГДК у 2,4-15,0 рази (у 8-ми локалітетах з 38-ми).

Профільний розподіл рухомої сірки в горизонті 0-50 см (з кроком – через 10 см) також виявив широкий діапазон її вмісту – від 5,9-4622,4 мг $\text{S-SO}_4 \text{ кг}^{-1}$ на різній глибині. Найбільші значення зафіксовані на відстані 0-50 м від технологічної ґрунтової дороги, причому вміст рухомої сірки був вищим у нижніх горизонтах. Зокрема, на відстані 50 м (біля свердловини) в 0-50 см шарі

грунту він коливався від 1979 до 4622 мг S-SO₄ кг⁻¹. А вже на відстані 110 м профільний розподіл рухомої сірки значно зменшувався з глибиною, якщо в 0-10 см шарі він становив 2158 мг S-SO₄ кг⁻¹ то в шарі 40-50 см лише 622 мг S-SO₄ кг⁻¹, проте також перевищував ГДК в 3,9 рази. На відстані 120-260 м вміст рухомої сірки був меншим за ГДК в 2-10 разів.

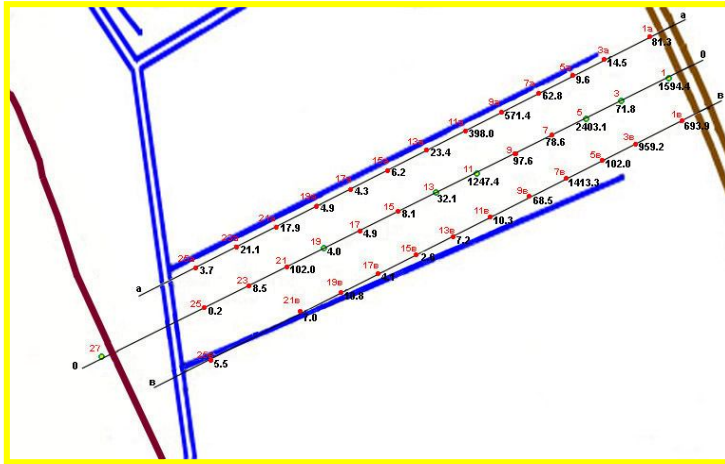


Рис. 6. Латеральний розподіл рухомої сірки на моніторинговій ділянці Немирів-Захід родовища, мг S-SO₄ кг⁻¹.

Уміст рухомих форм важких металів. У функціонуванні природних і природно-техногенних систем провідна роль належить міграційним процесам. Унаслідок техногенезу, відбувається порушення міграційної структури ландшафту, має місце істотна перебудова й формування нових геохімічних бар'єрів. Напрями й форми такої перебудови взаємозумовлені особливостями техногенних потоків і вихідних ландшафтно-геохімічних процесів. Формування ґрунтового покриву на території ПВС Немирівського рудника відбувається переважно в умовах окислювальної зони. Ознаки різкої зміни окисно-відновного потенціалу в межах досліджених ґрунтових профілів відсутні. На дослідженій трансекті встановлені особливості розподілу важких металів за латеральним і профільним типом.

Мідь, залежно від концентрації, може бути як біофільним, так і токсичним елементом. Кларк міді в земній корі становить 20 мг/кг. Глинисті відклади концентрують 45-57, пісковики 1-5 мг/кг міді. Уміст міді в глинах європейської території колишнього СРСР становить 25 мг/кг, в лесовидних суглинках – 18 мг/кг (Алексєнко, 2000). Кларк Cu у ґрунтах – близько 20 мг/кг, тоді як середній вміст коливається в межах 6-60 мг/кг (Беус и др., 1976). ГДК для рухомих форм міді в ґрунтах України оцінюється на рівні 3,0 мг/кг (Методика..., 1998).

Свинець належить до пріоритетних елементів-токсикантів. Кларк свинцю в земній корі становить 16 мг/кг. Глини й сланці накопичують до 20 мг/кг Pb (Алексєнко, 2000), тоді як пісковики й карбонатні породи – на рівні 7-9 мг/кг

(Беус и др., 1976). Середній вміст елемента в ґрунтах світу становить 32 мг/кг, у поверхневому шарі – 25 мг/кг (Алексеевко, 2000). ГДК для рухомих форм свинцю в ґрунтах України оцінюється на рівні 2,0 мг/кг (Методика..., 1998).

Кадмій – токсичний елемент з високою мобільністю в ґрунтах і доступністю для рослин. Кларк кадмію в літосфері становить 0,13 мг/кг. Ґрунотвірні породи, у середньому, містять кадмій у таких кількостях: глини й глинисті сланці – 0,03-0,30; карбонатні породи – 0,0n; піски й супіски – 0,03 мг/кг (Алексеевко, 2000). Середній вміст кадмію у ґрунтах на сьогодні потребує уточнення. За А. П. Виноградовим (1962), ця величина становить 0,5 мг/кг. ГДК для рухомих форм кадмію в ґрунтах України оцінюється на рівні 0,70 мг/кг (Методика..., 1998).

Цинк – біофільний елемент, у значних концентраціях є токсикантом. Уміст цинку в глинах і сланцях становить 80-95 мг/кг (Turekian, Wedepohl, 1961; Виноградов, 1962). Середній вміст цинку в ґрунтах земної кулі – 50 мг/кг, при цьому відзначені дуже значні коливання вмісту цього елемента – від 2,6 до 200 мг/кг. Середній вміст Zn у верхніх горизонтах ґрунтів різних країн змінюється в межах 17-125 мг/кг. Концентрація елемента в ґрунтах колишнього СРСР коливається в межах від 25 до 100 мг/кг (Алексеевко, 2000). Для України ГДК для рухомих форм цинку становить 23 мг/кг (Методика..., 1998).

Марганець – яскраво виражений біофільний елемент, у великих концентраціях може виявляти токсичну дію на рослини. Середній вміст марганцю в глинах коливається в межах від 670 до 850 мг/кг (Turekian, Wedepohl, 1961; Виноградов, 1962); пісковиках – 400, карбонатних породах – 420 мг/кг (Беус и др., 1976). Кларк у ґрунтах – 850 мг/кг (Виноградов, 1962). Концентрація Mn у ґрунтах колишнього СРСР коливається в межах 135-1465 мг/кг (Алексеевко, 2000). ГДК для рухомих форм марганцю в ґрунтах України оцінюється на рівні 50,0 мг/кг (Методика..., 1998).

Результати дослідження латерального й профільного розподілів рухомих форм свинцю, кадмію, цинку, міді, заліза й марганцю в ембріоземах ініціальних (розрізи 1, 3, 5, 11 і 13) та в зональному типі дернового слабопідзолистого супіщаного ґрунту (розріз 27), свідчать про відсутність перевищень рівнів ГДК для рухомих форм названих важких металів (табл. 2).

Тобто, дослідження латерального й профільного розподілів рухомих форм свинцю, кадмію, цинку, міді, заліза та марганцю в ембріоземах ініціальних і гумусово-аккумулятивних показали, що вміст рухомих форм важких металів на території Немирівської ділянки ПВС не перевищує ГДК, отже, основним чинником деградації рослинного й ґрунтового покриву є закислення ґрунтів за рахунок високого вмісту сульфатів унаслідок технологічних недоліків та аварійних ситуацій впродовж експлуатації видобувних полів.

Динаміка фізико-хімічних властивостей ґрунтів. З метою часової оцінки динаміки латерального й профільного розподілу актуальної кислотності та вмісту рухомої сірки за рахунок надходження атмосферних опадів і процесів самоочищення ґрунтів унаслідок біохімічних процесів, тобто природного потенціалу “самоочищення” території, у 2008 р. було повторно відібрано 35

індивідуальних ґрунтових зразків у межах центральної трансекти на моніторинговій ділянці, що розташована в західній частині Немирівського рудника підземної виплавки сірки (рис. 7).

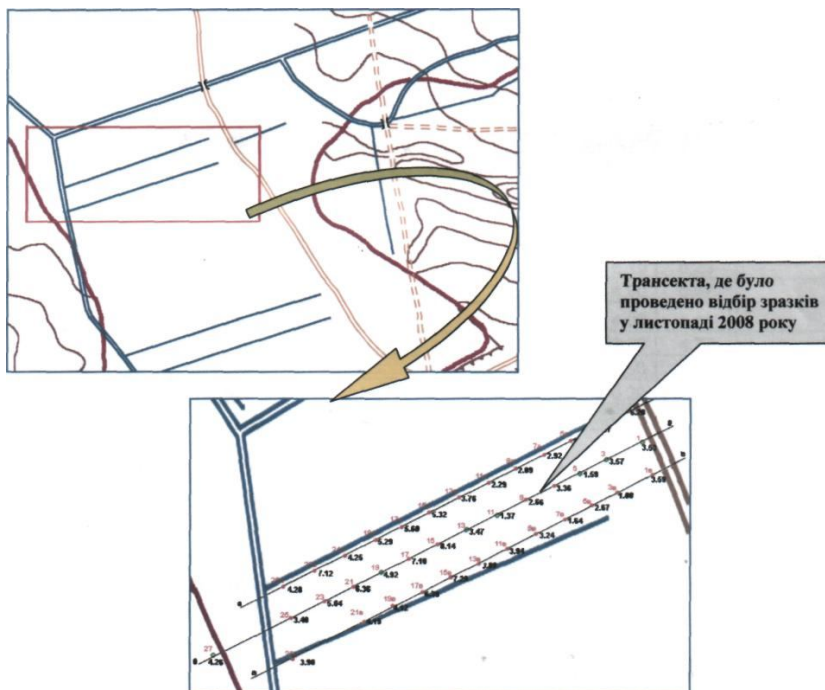


Рис. 7. Схема розташування моніторингової ділянки на території техногенного ландшафту підземної виплавки сірки Немирівського родовища, де було відібрано зразки для оцінки динаміки фізико-хімічних властивостей ґрунтів у 2008 р.

Було встановлено, що діапазон латерального розподілу актуальної кислотності становить 2,71-6,25 од. рН, рухомої сірки – 1193,9-26,5 мг S-SO₄ кг⁻¹ ґрунту. Порівняно з 2005 р. (32,1-2403,1 мг S-SO₄ кг⁻¹ ґрунту) просторова мозаїчність розподілу рухомої сірки зменшилася, але рівень забруднення території продовжує залишатися доволі значним.

Зокрема, в 2008 році було встановлено перевищення ГДК (160 мг S-SO₄ кг⁻¹ ґрунту) у чотирьох локалітетах, які приурочені до ініціальної та початкової сукцесійної стадії відновлення рослинного покриву (ділянки № 1-5 і 11), де вміст рухомої сірки у верхньому 0-10 см шарі перевищує ГДК в 3,6-7,4 рази (табл. 3). Варто зазначити, що на цих ділянках відбулося зменшення вмісту рухомих сульфатів у 1,2-2,4 рази, порівняно з їх умістом у 2005 році, що свідчить про достатньо значний потенціал техногенно порушених ґрунтів до “саморозкислення” без проведення спеціальних робіт щодо їх рекультивациі (рис. 8). У 2008 році виявлено збільшення вмісту сульфатів на ділянці 3 (30 м від дороги), яке може бути пов’язане з перемішуванням ґрунтового профілю під час демонтажу свердловин, розташованих поблизу цієї ділянки.

Таблиця 3.

Часова динаміка латерального розподілу актуальної кислотності ґрунтового розчину та рухомої сірки у 0-10 см шарі ґрунту на трансекті моніторингової ділянки Немирівського родовища Яворівського ДГХП "Сірка"

Номер точки на трансекті	Відстань від дороги, м	Генетичні горизонти	листопад 2005 р.		листопад 2008 р.	
			pH водне	рухома сірка, S-SO ₄ , мг/кг	pH водне	рухома сірка, S-SO ₄ мг/кг
1	0,5	Cx	3,53	1594,40	3,36	663,27
3	30	C	3,57	71,80	3,71	591,84
5	50	Cx	1,59	2403,10	2,96	1193,88
7	70	C(Cx)	3,36	78,60	3,02	141,84
9	90	Cx	2,66	97,90	3,53	102,04
11	110	Cx	1,37	1247,40	2,71	1094,08
13	130	C	3,47	32,10	3,34	26,53
15	140	C	8,14	8,10	6,25	13,27
17	160	aC	7,10	4,90	5,97	1,02
19	180	aC ₁	4,92	4,00	5,49	5,10
21	200	aC	6,36	102,00	4,77	24,49
23	220	AC	5,04	8,50	не визначали	
25	240	AC	3,40	0,20		
27 (конт-роль)	260	Ae	4,26	10,30	4,22	19,39

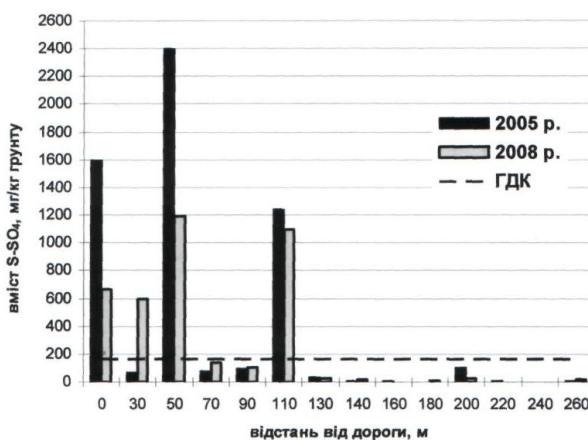


Рис. 8. Латеральний розподіл рухомої сірки на території моніторингової ділянки Немирівського родовища.

Установлено, що середній вміст рухомих сульфатів на ділянках, які приурочені до хімічно забруднених ґрунтів унаслідок аварійних викидів з підзем-

них свердловин (ділянки 1-13), який в 2005 р. становив 789 мг S-SO₄ кг⁻¹, зменшився в 2008 р. до 544 мг S-SO₄ кг⁻¹, але ще значно перевищує ГДК. З огляду на це, такі техногенні ґрунти далі за класифікацією належать до хімічно забруднених токсичними сполуками (Герасимова и др., 2003).

Варто зазначити, що спостерігається загальна тенденція до зменшення актуальної кислотності ґрунтового розчину на всій трансекті. Зокрема, не виявлено ділянок з величиною рН менше 2,0, у той час як у 2005 році таких ділянок з екстремально високим вмістом іонів Н⁺ (рН_{водне} – 1,37-1,59) було дві. Середнє значення актуальної кислотності на техногенно порушених ділянках без рослинного покриву або з фрагментарним поширенням трав'яних видів рослин у 2005 р. становило 2,79 од. рН, а в 2008 р. зменшилося до 3,23 од. рН, що свідчить про розкислення території, хоча за класифікацією фізико-хімічних властивостей ґрунтів – показником актуальної кислотності – такі ґрунти зараховують до категорії сильнокислих.

З метою дослідження профільного розподілу та ймовірної міграції водорозчинних сульфатів з током гравітаційної води під час інтенсивних атмосферних опадів був проаналізований вміст рухомої сірки та актуальної кислотності за геометричними горизонтами техногенних ґрунтів – ембріоземів (через відсутність диференціації на генетичні горизонти) та генетичними горизонтами дерново-слабопідзолистого супіщаного ґрунту під смереково-буково-дубовим лісом, як природним еталоном цієї території (табл. 4).

Установлено, що в 2008 р. для ґрунтового профілю потужністю 0-40 см спостерігається перевищення ГДК рухомої сірки в 1,9-8,6 рази для ділянок, приурочених до ініціальних і початкових демутиційних стадій рослинного покриву. Для ділянок, що відповідають сільватизаційній стадії демутації рослинного покриву, вміст рухомої сірки перебуває на рівні фонових значень для цієї території.

Зафіксовано зменшення рухомої сірки на ділянках 5 і 11 по всій глибині ґрунтового профілю в 0,7-2,6 рази, а в нижніх горизонтах ділянки 1 – у 9-12 разів. На ділянці 3 виявлено незначне підвищення вмісту сульфатів в усіх геометричних горизонтах у 0,2-0,7 разу. Зміни кількості рухомої сірки за три роки на ділянках 1 і 3 можуть бути пов'язані як з перемішуванням ґрунту внаслідок демонтажу свердловин, так і з окисленням мікроорганізмами елементарної сірки, яка продовжує залишатися на денній поверхні після припинення експлуатації рудника. Окислення сполук сірки в аеробних умовах відбувається за участю хемоавтотрофних прокариот: сіркових (*Achromanum*, *Thiovulum*, *Thiospira*, *Thioploca*) і тіонових бактерій (*Thiobacillus*, *Thiosphaera*, *Thiomicrospira*, *Thiodendrori*), термоацидофільних архебактерій (*Sulfolobus*). Повне ферментативне окислення молекулярної сірки завершується утворенням сульфат-іону: $S^0 \rightarrow SO_3^- \rightarrow SO_4^{2-}$ (Звягинцев, Бабьева, Зенова, 2005).

Рівень актуальної кислотності 0-40 см шару ембріоземів на моніторинговій ділянці також продовжує залишатися доволі великим (рН_{водне} 2,35-3,86) і значно перевищує відповідні значення для сільватизаційної стадії та зонального контролю. Виявлено, що внаслідок самоочищення ґрунтів цієї території

Часова динаміка профільного розподілу кислотності ґрунтового розчину та вмісту рухомої сірки у 0-50 см шарі ґрунту на моніторинговій ділянці Немирівського родовища

Номер точки на трансекті	Відстань від дороги, м	Ґрунтові горизонти	Потужність горизонтів, см	Глибина відбору зразка, см	листопад 2005 р.		листопад 2008 р	
					pH водне	Рухома сірка, S-SO ₄ мг/кг	pH водне	Рухома сірка, S-SO ₄ мг/кг
1	0	Cx	(M)	0-10	3,01	371,4	3,36	551,02
				10-20	3,95	136,2	3,67	306,12
				20-30	4,46	4607,0	3,71	510,20
				30-40	4,47	4086,7	3,77	326,53
3	30	c	0-40	0-10	3,13	190,8	3,35	591,84
				10-20	3,03	102,0	3,32	448,98
				20-30	2,94	105,6	3,45	346,94
				30-40	2,39	329,1	3,51	459,18
5	50	Cix	0-40	0-10	1,77	2102,0	2,96	1193,88
				10-20	1,48	3275,5	2,35	1255,10
				20-30	1,38	4622,4	2,91	1081,63
				30-40	1,74	1979,6	3,33	1030,61
11	110	Cix C2x	0-30 30-40	0-10	1,64	2158,2	2,71	1204,08
				10-20	1,67	2076,5	2,68	1387,76
				20-30	1,76	1816,3	2,75	906,12
				30-40	2,09	653,1	2,81	821,43
13	120	c	0-40	0-10	3,23	19,8	3,34	24,08
				10-20	3,63	15,9	3,86	10,20
				20-30	3,43	21,6	3,79	16,33
				30-40	3,44	25,6	3,37	23,65
19	180	c	1,5-55	1-10	4,38	11,3	4,49	30,15
				10-20	5,06	12,4	4,68	20,41
				20-30	4,93	7,9	4,33	15,23
				30-40	5,13	5,9	5,43	19,60
				40-50	5,25	7,6	5,25	10,12
27 (конт- роль)	260	Ae Ea I Ife	0-9 9-13 13-35 35-50	0-9	4,26	24,6	4,22	19,39
				10-20	4,51	65,3	4,25	21,30
				20-30	4,74	50,9	4,46	30,26
				40-50	4,76	56,4	4,62	25,10

у 0-40 см шарі ембріоземів за три роки актуальна кислотність зменшилася від 2,56 до 3,16 од. pH, уміст рухомої сульфатної сірки – від 1788 до 766 мг S-SO₄ кг⁻¹. Для 0-20 см шару, як горизонту максимального поширення кореневих систем вищих рослин, середньозважене значення актуальної кислот-

ності зменшилося від 2,50 до 3,05 од. рН, а рухомої сірки – від 1301 до 867 мг S-SO₄ кг⁻¹. Тобто, ця територія залишається забрудненою сполуками рухомої сірки з істотним перевищенням ГДК, а ґрунти належать до категорії сильноокислих.

Окрім того, розраховано, що середня швидкість самоочищення ґрунтів від надлишкового вмісту рухомої сірки в поверхневому горизонті 0-20 см становить 141 мг S-SO₄ кг⁻¹ за рік, а для сильно забруднених ділянок 5 і 11, де у 2005 р. були зафіксовані екстремально високі значення актуальної кислотності та вмісту рухомої сірки – 475 мг S-SO₄ кг⁻¹ рік⁻¹. Можна прогнозувати, що за таких темпів самоочищення ґрунтового покриву вміст рухомої сірки може зменшитися до рівня, що не перевищуватиме ГДК через 5-8 років без використання спеціальних рекультиваційних заходів.

Таким чином, повторне дослідження в 2008 р. на моніторинговій ділянці західної частини Немирівського рудника підземної виплавки сірчаної руди дозволило встановити, що спостерігається позитивна тенденція до самоочищення й саморозкислення техногенно забрудненої території, але цей процес відбувається повільно, оскільки ускладнюється постійним окисленням ґрунтовими мікроорганізмами елементарної сірки, яка локалізована на денній поверхні, що призводить до повторного підкислення ґрунтового розчину. Цей процес, у свою чергу, сповільнює самозаростання цієї території вищими рослинами та гальмує вторинну демураційну сукцесію.

Біотична активність ґрунтів. З метою оцінки ролі ензиматичного потенціалу для ревіталізації території за рахунок активізації ґрунтової мікрофлори, у 2008 р. проведене дослідження активності ґрунтових ферментів. Активність ґрунтових ферментів відображає перебіг біохімічних процесів в едафотопі та є одним із інтегральних показників його біотичної активності. Оксидоредуктази (дегідрогеназа та каталаза) каталізують окисно-відновні реакції, що відіграють провідну роль у ґрунтових біохімічних процесах, зокрема, у процесах синтезу гумусових речовин. Гідролази (уреаза та інвертаза) беруть участь в реакціях гідролізу різноманітних складних органічних сполук. Тому визначення ферментативної активності техногенних ґрунтів дає можливість встановити умови процесу перебігу самовідновлення ґрунтового й рослинного покривів техногенних ландшафтів.

Головним чинником зменшення ферментативної активності досліджених територій є висока концентрація сірки в ґрунтах та, як наслідок, сильна закисленість територій. Також активність оксидоредуктаз і гідролаз тісно корелює з вмістом органічного вуглецю в ґрунтах (Левицька, Шелест, 2006). У дерново-підзолистому ґрунті дубово-соснового лісу поблизу Немирівського родовища активність дегідрогенази була великою – 16,6 мг ТФФ·10 г⁻¹·24 год⁻¹. Порівняно із зональним контролем, у поверхневих горизонтах ембріоземів ініціальних (розрізи № 1-9) виявлено зменшення активності в 2-23 рази (табл. 5). Для всіх досліджених ґрунтових горизонтів характерне зменшення показників дегідрогеназної активності з глибиною, що свідчить про зменшення загальної біогенності ґрунтів.

**Ферментативна активність ґрунтів на територіях підземної виплавки сірки
Немирівського родовища сірки**

№ ґрунтового розрізу	Глибина відбору, см	Активність ферментів			
		уреази, мг $\text{N-NH}_4\cdot\text{г}^{-1}\cdot$ 24 год ⁻¹	інвертази, мг глюкози $\cdot\text{г}^{-1}\cdot$ 24 год ⁻¹	каталази, см ³ $\text{O}_2\cdot\text{г}^{-1}\cdot$ хв ⁻¹	дегідрогенази, мг ТФФ $\cdot 10\text{г}^{-1}\cdot$ 24 год ⁻¹
1	2	3	4	5	6
1	0-10	0,014	23,66	3,02	0,72
	10-20	0,004	22,06	3,48	0,58
2	0-10	0,074	18,09	2,03	2,58
	10-20	0,010	23,30	3,72	2,57
3	0-10	0,061	8,32	2,29	1,98
	10-20	0,010	5,49	3,62	1,67
4	0-10	0,050	24,05	3,45	7,95
	10-20	0,029	9,97	4,63	2,11
5	0-10	0,085	4,57	3,02	3,21
	10-20	0,039	1,67	4,02	1,90
6	0-10	0,021	5,57	3,14	0,75
	10-20	0,013	5,14	4,75	0,39
7	0-10	0,053	6,86	3,18	1,49
	10-20	0,037	1,59	2,30	0,36
8	0-10	0,115	1,26	2,91	4,67
	10-20	0,073	0,32	1,70	3,67
9	0-10	0,229	0,26	4,14	17,64
	10-20	0,052	0,95	1,63	3,85
10	0-10	0,120	0,65	3,10	11,11
	10-20	0,079	0,32	1,58	3,65
11	0-10	0,245	0,63	8,17	3,22
	10-20	0,031	0,32	1,99	1,09
12	0-10	0,462	1,32	20,24	16,56
	10-20	0,336	8,68	6,14	8,02
	20-40	0,107	12,80	3,98	6,26

Порівняно із зональним контролем, активність каталази в ембріоземах ініціальних Немирівського родовища сірки теж зменшується в 4-10 разів. Такі показники оксидоредуктазної активності техногенних ґрунтів зумовлені пригніченням функціонування комплексів ґрунтових мікробіоценозів високими значеннями кислотності ґрунтів і значним умістом рухомих сульфатів.

На територіях ПВС спостерігається різке зменшення активності уреаз, яка гідролізує карбамід до аміаку, який є джерелом азотного живлення рослин. Уреазна активність в ембріоземах ініціальних у 20-33 рази менша в порівнянні

з контролем, а в ембріоземах гумусовоакумулятивних – у 2-4 рази, що свідчить про значний вплив підвищеної кислотності на активність цього фермента.

На відміну від уреаз, активність іншого гідролітичного фермента – інвертази, є більшою у ґрунтах з підвищеною кислотністю і в поверхневому горизонті ембріоземів становить $8,3-24,1 \text{ мг глюкози} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ год}^{-1}$, що значно вище цього показника для контролю. Таке збільшення активності інвертази в ембріоземах може бути зумовлене тією обставиною, що за рН 2-4,5 спостерігається максимум адсорбції для цього ферменту. Виявлено зменшення активності інвертази з глибиною ґрунтового профілю, що не характерне для дерново-підзолистих ґрунтів, де активність інвертази, навпаки, збільшується з глибиною. Це, ймовірно, зумовлено безструктурністю й монолітністю ембріоземів, а також змінами ґрунтово-водного середовища техногенних територій.

Результати проведеного дослідження свідчать, що низька активність оксидоредуктаз та уреаз в ґрунтах колишніх розробок сірчаних родовищ є наслідком значного пригнічення діяльності ґрунтової мікрофлори, яка є основним продуцентом ферментів, техногенними факторами. Причинами значного підвищення активності інвертази ґрунтів на територіях підземної виплавки сірки можуть бути не тільки оптимальні показники актуальної кислотності для адсорбції цього ферменту, але й вплив техногенного фактора, пов'язаного з особливостями процесу видобутку сірки, що потребує подальшого з'ясування.

Про те, що проблема забруднення мінеральною сіркою територій ПВС у зв'язку з необхідністю дотримання вимог екологічної безпеки після припинення експлуатації локальних виїмок методом ПВС, потребує значних фінансових затрат у зв'язку з необхідністю хімічної рекультиваци, було відомо ще в 90-х роках ХХ ст. (Панас, 1989). Зокрема, для зменшення кислотності ґрунту на території ПВС Язівського родовища використовували флотовідходи Роздільського збагачувального комбінату, які містили 80-85% CaCO_3 , 6-8% сірки, 1,6-2,5% фосфору, 0,2-1,8% калію, незначні домішки баластних сполук марганцю та натрію. Упродовж 1985-1987 рр. на території Яворівської ділянки ПВС було проведено хімічну меліорацію та сільськогосподарську рекультиваци з використанням вапняково-сірчаних добрив, отриманих з флотовідходів Роздільського ДГХП "Сірка". За рахунок хімічної меліорації вдалося істотно зменшити актуальну та гідролітичну кислотність ґрунту з одночасним збільшенням суми поглинутих основ та ємкості вбирання (Панас, 1989, 2007).

Ураховуючи позитивний досвід використання флотовідходів для зменшення актуальної кислотності на ділянках ПВС та значні запаси хвостів флотації, які заскладовані у хвостосховищах на території Яворівського ДГХП "Сірка", доцільно розглянути можливість їх використання для розкислення видобувних полів ПВС попередньо оцінивши потребу в рекультиваци земель після припинення експлуатації різних ділянок ПВС. На території Яворівського ДГХП "Сірка" є значна кількість відходів ("хвостів") флотації сірчаної руди, яка може бути використана для хімічної меліорації експлуатаційних полів ПВС. Зокрема, нашими дослідженнями (Звіт..., 2004) встановлено, що хвости флотації за гранулометричним складом належать до супіщаних відмін

з кількістю частинок діаметром менше 0,01 мм 10,16-12,02% , який є властивим для фонових дерново-слабопідзолистих ґрунтів цієї території, щільність будови 1,2-1,3 г см³ (Звіт..., 2003, 2004). Відходи флотації мають слаболужну реакцію (рН водне 7,70-7,81), уміст органічного вуглецю 0,3-3,2% та СаО – 42-45%, тобто за основними агрохімічними показниками вони є придатними для хімічної меліорації кислих територій.

Прогнозування самовідновлення та саморозкислення територій ПВС, заходи щодо оптимізації цих процесів за рахунок меліорації. Таким чином, дослідження часової динаміки актуальної кислотності та вмісту рухомої сірки на території Немирівського рудника в 2008 р. показали, що за три роки простежується позитивна тенденція до самоочищення й саморозкислення техногенно забрудненої території, але цей процес відбувається повільно, оскільки ускладнюється постійним окисленням ґрунтовими мікроорганізмами елементарної сірки.

Одним із способів хімічної рекультивзації (меліорації) є локальна нейтралізація сірки за рахунок внесення окисних чи вуглекіслих форм кальцію. Однак, за дослідженням польських вчених, локальна чи тотальна нейтралізація ґрунтів потребує значних фінансових затрат. Зокрема, кількість вапна чи вуглекислого кальцію (СаСО₃) повинна становити 200-300 т·га⁻¹, якщо кількість сірки не перевищує 1% у верхньому шарі ґрунту (Siuta, Lekan, Żórawska, 1971). У випадку застосування такого способу рекультивзації ділянок ПВС Немирівського родовища та зважаючи на вартість меліоранта (950 грн. за тону станом на 01.01.2014 р.), сума фінансових затрат буде значно більшою, оскільки вміст сірки у верхніх горизонтах сильно забруднених ділянок перевищує 2-4%.

З огляду на це, для хімічної меліорації території ПВС можна застосувати відходи збагачення сірчаної руди (хвості флотації) Яворівського ДГХП “Сірка”. Зважаючи на те, що у вапнякових матеріалах, які є відходами виробництва сірки обов’язковим є визначення вмісту баластних речовин, зокрема важких металів, то варто зауважити, що за нашими дослідженнями у флотовідходах не виявлено перевищення ГДК для валових і рухомих форм міді, кадмію та цинку. Установлено незначне перевищення допустимих норм свинцю (1,2-1,5 ГДК) та марганцю (3-4 ГДК). Разом з іншими компонентами у флотовідходах міститься також велика кількість стронцію – до 2,0%, що входить до складу целестину SrSO₄. За матеріалами Державного інституту гірничо-хімічної сировини, уміст целестину в сірчаній руді Роздільського гірничо-хімічного комбінату становить 1,54%, а у флотовідходах вапняку збільшується до 2,05%. Середні значення валового вмісту стронцію для різних типів ґрунтів коливаються в діапазоні 18-3500 мг/кг, кларкові значення становлять 300 мг/кг. ГДК для валових форм стронцію в ґрунтах України – 1000 мг/кг (Методика..., 1998). За нашими даними у флотовідходах Яворівського родовища вміст валового стронцію перевищує кларкові значення в 1,2-1,3 рази (Звіт..., 2003). У випадку використання хвостів флотації для зменшення актуальної кислотності земель сільськогосподарського призначення до ґрунту одноразово вноситься 25-50 кг стронцію, що значно перевищує дози мікро-

добрив. Це, на думку агроекологів, може становити реальну загрозу порушення природного співвідношення $Ca : Sr$ у меліорованих ґрунтах, які використовують як природні кормові угіддя для випасу та заготівлі сіна. У домашніх тварин за надлишку стронцію в організмі розвивається уровське захворювання (ендемична остеопатія), спричинене порушенням мінерального обміну. Незважаючи на те, що науковцями доведена мінеральна теорія етіології уровського захворювання, вважають, що ця хвороба належить до ендемічних і може виникати лише в тих регіонах, де є постійна нестача у воді, ґрунті та рослинах кальцію, йоду та фосфору за одночасного надлишку стронцію й барію. Зокрема, її прояви зафіксовані в районі середньої течії р. Зея в Амурській області, окремих територіях Якутії, Бурятії та на півночі Китаю (Сільськогосподарська екологія, 1992). З огляду на те, що територія Розточчя не належить до ендемічних зон, використання як меліоранта ділянок ПВС Яворівського ДГХП “Сірка” флотовідходів сірчаного виробництва в яких, за нашими даними (Звіт..., 2003, 2004), уміст рухомого кальцію становить $124830-114570 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, а стронцію лише $79-81 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, не становитиме потенційного ризику порушення мінерального обміну в домашніх тварин.

Окрім того, на території тимчасового хвостосховища флотації в околицях с. Чолгині восени 2004 р. відібрано зразки рослин для встановлення інтенсивності транслокації рухомих форм важких металів до надземної частини судинних рослин, які можуть використовуватися як кормові культури або лікарська сировина. Результати обстеження показали, що вміст важких металів є нижчим або на рівні ГДК і лише в одному випадку – для *Potentilla anserina* перевищує ГДК у 2-3 рази (табл. 6).

Таблиця 6.

Вміст важких металів у рослинах на ділянці хвостосховища флотації в околицях с. Чолгині (Яворівський р-н, Львівська обл.)

Уміст важких металів у надземній частині судинних рослин на ділянці хвостосховища в ок. с. Чолгині (жовтень 2004 р.), мкг г^{-1} сухої речовини	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn	Fe	Sr
<i>Calamagrostis epigeios</i>	2,8	0,6	27,4	0,05	61	41	61
<i>Tussilago farfara</i>	7,6	0,6	79,8	0,46	19	46	204
<i>Taraxacum officinale</i>	11,4	2,2	78,6	0,03	51	114	205
<i>Solidago virgaurea</i>	11,8	2,1	65,0	0,04	24	65	114
<i>Medicago lupulina</i>	7,7	1,1	28,0	1,23	65	161	161
<i>Potentilla anserina</i>	9,4	1,6	55,3	0,43	117	86	173
ГДК для кормів	5-10	>1,5	30-60	0,5-1,0	40-60	не підлягають нормуванню	

Таким чином, базуючись на даних моніторингових досліджень і враховуючи позитивний досвід польських колег під час рекультивації сірчаных

родовищ у Польщі поблизу м. Тарнобжег (Golda, Haladus, Kulma, 2005) доцільним та екологічно безпечним може бути використання відходів флотажі сірчаної руди як меліоранта для рекультивації порушених земель на посттехногенних ландшафтах видобувних полів рудника підземної виплавки сірки Яворівського ДГХП “Сірка”.

Висновки

На території техногенного ландшафту Немирівського родовища сірки (Яворівське ДГХП “Сірка”), яке перебувало в експлуатації впродовж 1982-1996 рр., було закладено моніторингову ділянку площею 1,2 га для дослідження особливостей відновлення рослинного й ґрунтового покриву територій, порушених підземним видобутком сірки методом Фраша. Установлено, що основним чинником деградації рослинного й ґрунтового покриву є закислення ґрунтів за рахунок значного вмісту сульфатів унаслідок технологічних порушень та аварійних ситуацій впродовж періоду експлуатації видобувних полів. Спостерігається позитивна тенденція до самоочищення й саморозкислення техногенно забрудненої території, але цей процес відбувається повільно, оскільки ускладнюється постійним окисленням ґрунтовими мікроорганізмами елементарної сірки, яка перебуває на денній поверхні, що призводить до повторного підкислення ґрунтового розчину. Це, у свою чергу, сповільнює самозаростання цієї території вищими рослинами та гальмує вторинну демутаційну сукцесію.

За рахунок самоочищення ґрунтового покриву та у випадку відсутності вторинного підкислення вміст рухомої сірки може зменшитися до рівня, що не перевищуватиме ГДК через 5-8 років без використання спеціальних рекультиваційних заходів. Після цього, за рахунок збереження основних властивостей ґрунотвірних субстратів, зокрема їх гранулометричного складу, поступово відбуватиметься формування рослинного покриву, нагромадження органічної речовини й трансформація еմбріоземів у напрямку до зонального типу ґрунтів Розточчя. Завершення демутації рослинного покриву території ПВС можна прогнозувати в межах часового періоду, що відповідає віку зміни одного покоління основних едифікаторів, який становить 350-450 років.

-
- АЛЕКСЕЕНКО В. А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
- АНДРОХАНОВ В. А., КУЛЯПИНА Е. Д., КУРАЧЕВ В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.
- АРИНУШКИНА Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1070. – 487 с.
- БЕУС А. А., ГРАБОВСКАЯ Л. И., ТИХОНОВА Н. В. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1976. – 267 с.
- ВИНОГРАДОВ А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-572.
- ГЕРАСИМОВА М. И., СТРОГАНОВА М. Н., МОЖАРОВА Н. В., ПРОКОФЬЕВА Т. В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: Учебное пособие // Под ред. академика РАН Г. В. Добровольского. – М.: Ойкумена, 2003. – 270 с.

- ГОСТ 26490-85. Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО.
- ГОСТ 17.4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв.
- ГОСТ 10148-88. Методы агрохимического анализа. Определение подвижного марганца в почвах по Крупскому и Александровой в модификации ЦИНАО.
- ГОСТ 10149-88. Методы агрохимического анализа. Определение подвижной меди и кобальта в почвах по Крупскому и Александровой в модификации ЦИНАО.
- ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.
- ДТСУ ISO 10390-2001. Визначення рН.
- ДТСУ ISO 10691-2001. Визначення вмісту органічного і загального вуглецю методом сухого спалювання (елементний аналіз).
- ЗВІТ про НДР “Розробка програми організації моніторингу ґрунтів і рослинного покриву на землях, порушених гірничими роботами” за договором № 7-ІЕК-2003. – Львів, 2003. – 109 с.
- ЗВІТ про НДР “Моніторинг ґрунтів і рослинного покриву на землях, порушених гірничими роботами: перший етап” за договором № 8-ІЕК-2004. – Львів, 2004. – 143 с.
- ЗВЯГИНЦЕВ Д. Г., БАБЬЕВА И. П., ЗЕНОВА Г. М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 448 с.
- ІВАНОВ Є. А. Еколого-ландшафтознавче дослідження територій, порушених гірничовидобувною промисловістю (на прикладі Яворівського ДГХП “Сірка”) // Географія і сучасність: Зб. наук. праць. – 1999. – Вип. 1. – С. 94-100.
- ІВАНОВ Є. А. Геокадастрові дослідження гірничопромислових територій. – Львів: Видавничий центр ДЛНУ ім. Івана Франка, 2009. – 372 с.
- КУРАЧЕВ В. М., АНДРОХАНОВ В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 3. – С. 255-261.
- ЛЕВИЦЬКА О. К., ШЕЛЕСТ З. М. Зв'язок між біологічною активністю та вмістом окремих поживних елементів на рекультивованих ґрунтах Стрижівського буровугільного розрізу // Матеріали І всеукраїнського з'їзду екологів. – Вінниця. – 2006. – С. 119.
- МЕТОДИКА моніторингу земель, що перебувають в кризовому стані. – Харків: Редакційно-видавничий відділ Харківського державного аграрного університету ім. В. Докучаєва, 1998. – 88 с.
- ОЛЕНЧУК Я. С., НИКОЛИН А. Г. Ґрунти Львівської області. – Львів: Каменярь, 1969. – 84 с.
- ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ высших растений Украины. – К.: Наук. думка, 1987. – 546 с.
- ПАНАС Р. Агроэкологические основы рекультивации земель. – Львов: Изд. при Львов. гос. ун-те, 1989. – 160 с.
- ПАНАС Р. М. Рекультивация земель: Навчальний посібник. Вид. 2-ге, стереотипн. – Львів: Новий Світ, 2007. – 224 с.
- ПОЛЕВАЯ ГЕОБОТАНИКА / Лавренко Е. М., Корчагин А. А. (ред.). – Т. 1-5. – Л.: Наука, 1959-1976.
- СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОЛОГІЯ / В. К. М'якушко, Д. О. Мельничук, Ф. В. Вольвач. – К.: Урожай, 1992. – 264 с.
- ШПАКІВСЬКА І. М. Діагностика посттехногенних ґрунтів сіркодобувних підприємств Львівщини // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Вип. 69. – Харків: ННЦ “ІГА ім. О. Н. Соколовського”, 2008. – С. 161-166.
- GLIME G. M. Bryophyte ecology // 2006. <http://www.bryoecol.mtu.edu>
- GOŁDA T. Zmiany i rekultywacja środowiska glebowo-wodnego w górnictwie otworowym siarki // Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. – 1995. – Z. 418 (II). – S. 725-730.

- GOLDA T., HALADUS A., KULMA R. Geoenvironmental effects of sulphur mine closures in Tarnobrzeg region. *Inżynieria Środowiska // Rocznik Akademii Gorniczo-Hutniczej.* – 2005. – Vol. 10 (1) – P. 59-73.
- SIUTA J., LEKAN S., ŻÓRAWKA B. Rolnicza rekultywacja gleb na terenie Kopalni Siarki w Grzybowie // *Ochr. Teren. Górn.* – 1971. – 15. – S. 11-17.
- TUREKIAN K. K., WEDEPOHL K. H. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust // *Bull. Geol. Soc. of Amer.* – 1961. – Vol. 72, № 2. – P. 175-190.

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИЯХ ПОДЗЕМНОЙ ВЫПЛАВКИ СЕРЫ НА ПРИМЕРЕ НЕМИРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯВОРОВСКИЙ РАЙОН, ЛЬВОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О. Г. МАРИСКЕВИЧ, И. М. ШПАКИВСКАЯ, А. А. КАГАЛО, В. И. КОЗЛОВСКИЙ, И. В. РАБЫК

Проведены исследования особенностей формирования почвенного и растительного покрова на территории подземной выплавки серы в западной части Немировского месторождения Яворовского государственного горно-химического предприятия “Сера”. В пределах трансекты площадью 12000 м² установлен видовой состав сосудистых и мохообразных высших растений, ценотическая структура травяного яруса растительных сообществ, описаны морфологические особенности почвенных профилей и определены основные физико-химические и биотические свойства почв (актуальная кислотность, содержание органического углерода и подвижной серы, ферментативная активность), а также содержание подвижных форм тяжелых металлов. Установлено, что основным фактором деградации растительного и почвенного покровов является увеличение актуальной кислотности почв за счет значительного содержания подвижных сульфатов вследствие технологических нарушений и аварийных ситуаций на протяжении периода эксплуатации месторождения. Наблюдается положительная временная динамика самоочищения техногенно загрязненной территории, но этот процесс происходит медленно, поскольку усложнен окислением элементарной серы, которая локализована на дневной поверхности, что сопровождается вторичным подкислением почвенного раствора. Это замедляет самозарастание территории сосудистыми растениями и темпы вторичной демулационной сукцессии.

Ключевые слова: подземная выплавка серы, растительный покров, почвенный покров, сукцессия, Львовская область

PECULIARITIES OF RESTORATION OF SOIL AND VEGETATION COVER AT TERRITORIES OF UNDERGROUND MELTING OF SULFUR ON NEMYRIVSKY DEPOSIT AS AN EXAMPLE (YAVORIV DISTRICT, LVIV REGION)

O. G. MARYSKEVYCH, I. M. SHPAKIVSKA, A. A. KAGALO, V. I. KOZLOVSKY, I. V. RABYK

The research of peculiarities of the plant and soil cover formation on the territory of underground sulfur fusion at the western part of Nemyriv sulfur deposit of Yavoriv state mining and chemical company “Sirka” was conducted (Lviv region, Western Ukraine). The transect of 12000 m² was laid. Within the confines of this transect the species composition of higher plants and coenotic structure of the grass layer of the plant communities were established, soil profile morphologic particularities were described and general physical, chemical and biotic properties of the soils (active soil acidity, organic carbon and labile sulfur content, activity of some soil enzymes – catalase, dehydrogenase, saccharase, urease) as well as content of the labile forms of the heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd, Mn, Fe, Sr) were defined. The list of vascular plants of the investigated transects occurring amounts to 97 species with leading role of taxa with 9 plant families as *Asteraceae* (14), *Poaceae*

(14), *Salicaceae* (9), *Fabaceae* (8), *Onagraceae* (4), *Rosaceae* (4), *Cyperaceae* (3), *Juncaceae* (3) and *Apiaceae* (3 species). Among the flora of bryophytes two cosmopolitan species (*Ceratodon purpureus* and *Pohlia nutans*) were predominated. The actual soil cover of Nemyriv sulfur deposit consists of two types: biogenic juvenile embrozems (on the plots of demutational succession) and sod podzol loamy sand soil (zonal type). The content of total labile sulphur in soil profile (to 50 cm) summarize from 5,9 till 4622,4 mg S-SO₄ kg⁻¹. It has been established that the main factor of the degradation of the plant and soil cover is the increase of the active soil acidity through the significant content of the labile sulphur as a result of technologic breakdowns and accidents during the period of mining fields' exploitation. The positive temporal dynamic of the self-purification of the technogenically polluted territories is observed, but this process is progressing slowly since it is complicated by oxidation of elementary sulphur, which is located at surface, which causes reoccurrence of acidification of the soil solution. It slows down the restoration of natural vegetation of the territory by higher plants (vascular and bryophytes) and reduces the rate of the secondary demutational succession.

Key words: underground sulfur melting, plant cover, soil cover, succession, Lviv Region

Надійшла 16.09.2014

Прийнята до друку 02.12.2014

МАРИСКЕВИЧ О. Г., Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: maryskevych@ukr.net

MARYSKEVYCH O. G. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: maryskevych@ukr.net

ШПАКІВСЬКА І. М. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: ishpakivska@ukr.net

ISHPAKIVSKA I. M. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: ishpakivska@ukr.net

КАГАЛО О. О. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: kagalo@mail.lviv.ua

KAGALO A. A. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: kagalo@mail.lviv.ua

КОЗЛОВСЬКИЙ В. І. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: vkozlovskyy@gmail.com

KOZLOVSKY V. I. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: vkozlovskyy@gmail.com

РАБИК І. В. Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: irenefr@yandex.ua

RABYK I. V. Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4 Kozelnytska St, Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: irenefr@yandex.ua