

## **Формування постмайнінгових ландшафтних систем Передкарпатського сірконосного басейну**

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів  
e-mail: eugen\_ivanov@email.ua

**Анотація.** У районах ліквідованих сірчанних кар'єрів Передкарпаття виникають нові постмайнінгові ландшафтні системи. Проведені еколого-ландшафтні дослідження дали змогу оцінити ефективність процесів формування водного середовища новостворених водойм та відновлення ґрунтового і рослинного покривів. На прикладі ключової ділянки "Яворівська водойма" проаналізовано сучасну ландшафтну структуру у зоні діяльності колишнього Язівського кар'єру.

**Ключові слова:** постмайнінгова ландшафтна система, самородна сірка, водойма, ембріозем, сукцесія, Передкарпатський сірконосний басейн.

### **Вступ**

Виникнення найбільших за розмірами постмайнінгових ландшафтних систем у Західному регіоні України зумовлено видобуванням самородної сірки у Передкарпатському сірконосному басейні. Мінерально-сировинною базою для видобування сірки виступали Роздільське, Подороженське, Язівське і Немирівське родовища. Поклади цих родовищ розробляли Роздільське та Яворівське державні гірничо-хімічні підприємства (ДГХП) "Сірка". Самородну сірку розшукано у 1950 р. поблизу смт. Розділ (Миколаївський р-н Львівської обл.), що поклато початок інтенсивному розвідуванню басейну. Освоєння Роздільського родовища розпочато у 1956 р. На базі Роздільського ДГХП "Сірка" у 1972 р. побудовано Подороженський рудник. В 1954-1958 рр. розвідано Язівське родовище, яке розробляло Яворівське ДГХП "Сірка".

З огляду на низьку рентабельність видобування самородної сірки, наприкінці 1990-х рр. гірничі роботи у Передкарпатському сірчаному басейні фактично припинили. У 2003 р. розпорядженнями Кабінету Міністрів України затверджено проекти відновлення екологічної рівноваги і ландшафтних систем в межах Яворівського і Роздільського ДГХП "Сірка". На місці гірничопромислових об'єктів (кар'єрів, відвалів, відстійників тощо) виникали постмайнінгові ландшафтні системи. Згідно з проектами Інституту гірничо-хімічної промисловості розвідовано Роздільський, Подороженський й Яворівський сірчані кар'єри та запроєктовано рекреаційні зони "Яворівське озеро" і "Озера Опілля" і регіональний ландшафтний парк "Подорожжє".

Особливості ландшафтно-екологічних умов Передкарпатського сірконосного басейну вивчають співробітники науково-дослідних і навчальних установ: Інституту гірничо-хімічної промисловості (ВАТ "Гірхімпром"), Інституту екології Карпат НАН України, Львівського національного університету імені Івана Франка, Львівського національного аграрного університету, Національного лісотехнічного університету та ін. Так, у 1970-1980-х рр. в межах басейну проводили дослідження фізико-хімічних властивостей розкритих порід та агроекологічних особливостей їх рекультивациі [23], вивчали сукцесійні зміни рослинного покриву [2, 3]. Подальші геоекологічні дослідження розпочато після завершення розроблення сірчанних родовищ кар'єрним способом (1990-1992 рр.). Вони тривають й сьогодні та стосуються сучасного функціонування постмайнінгових ландшафтних систем. При цьому зроблено акцент на вивченні геохімічного забруднення природного середовища сполуками сірки й стронцію [5], формуванні ґрунтового покриву [19, 22], сукцесійних змінах рослинного покриву [4, 21], агроекологічних властивостях техноземів, просторової та екологічної структури рослинних угруповань [18] тощо.

### **Результати і обговорення**

**Формування водного середовища.** Після припинення видобування сірки відкритим способом, прийнято рішення щодо ліквідування кар'єрів шляхом створення штучних водойм. Перетворення новостворених водойм в екологічно безпечні об'єкти, які придатні для рекреації чи інших природно-господарських потреб є найважливішим питанням оптимізації постмайнінгових ландшафтних систем районів розроблення самородної сірки.

Проектами ліквідування сірчанних кар'єрів, що розроблені інститутом ВАТ "Гірхімпром" [10], на місці кар'єрних виїмок передбачено створення шести водойм: у Язівському кар'єрі – Яворівської (площа водного дзеркала – 597 га); у Північному Роздільському кар'єрі – Чистої, Середньої і Глибокої (137 га) і Подороженському кар'єрі – Великої (420 га) і Малої Подороженської. Новостворені водойми

матимуть значні глибини: від 20 до 90 м. Найглибшими водоймами стануть Велика Подорожненська (90 м), Яворівська (70 м) і Глибока (50 м). У сірчаних кар'єрах, на гідровідвалах, хвостосховищах і зовнішніх відвалах й у залишкових ємностях водосховищ та акумулюючих басейнів формуються невеликі водойми. Загалом, у районах розроблення самородної сірки налічуємо понад 160 водойм площею понад 0,1 га. Лише у пониженнях вододільних ділянок і схилів відвалу № 1 Подорожненського рудника утворено до 30 безстічних водойм різного розміру і форми. За рівнем евтрофікації більшість водойм є оліготрофного і мезотрофного типів, окремі малі водойми – евтрофного типу. Рівень води у водоймах коливається й залежить від співвідношення обсягів атмосферних опадів і випаровування.

Формування водного середовища у сірчаних водоймах відбувається під впливом змішування атмосферних опадів, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, хімічної взаємодії води із затопленими й прикар'єрними відкладами та різними біохімічними процесами. У формуванні водного середовища сірчаних водойм виокремлюють три періоди [8]:

1) *затоплення кар'єрної виїмки*. У цей час проходить інтенсивне змішування атмосферних, поверхневих й підземних вод. Так, затоплення Язівського кар'єру здійснено за рахунок надходження вод р. Шкло (60 % від загального об'єму), вод тортонського і неогенового водоносних комплексів (20 %), атмосферних опадів (20 %) [9]. Затоплення закінчується за умов досягнення рівня проектною відмітки й водні маси починають витікати у водотоки. У 2007 р. завершено заповнення Яворівської водойми, а у 2012 р. – остаточно заповнили водойми Чисту, Середню і Глибоку. Велика Подорожненська водойма не досягла максимальної відмітки, а заповнення Малої Подорожненської водойми – не розпочато. Створення водойм сприятиме відновленню самоплинного стоку рік Шкло і Гноєнець (басейн Вісли) та Крехівка (басейн Дністра);

2) *трансформації водних мас*. Притоки підземних вод зменшуються й поступово стабілізуються. Водойми стають слабопротічними й відбувається пристосування гідробіонтів до водного середовища. Формується берегова лінія, мілководні зони та вертикальна термічна, гідрохімічна і біохімічна стратифікація водойм. Тривалість періоду трансформації становить від 5 до 20 років;

3) *стабілізації водного середовища*. У цей період завершиться пристосування гідробіонтів до оточуючого середовища. Остаточно сформуються мілководна і глибоководна частини водойм. На глибині до 10 м у воду проникають сонячні промені і розвиваються макрофіти, що збагачують водне середовище киснем, а також засвоюють розчинені у воді поживні речовини, чим очищають воду від фосфору, калію, азоту і сірки. У свою чергу, у глибоких частинах водойм розкладаються відмерлі органічні частини й виділяється сірководень, аміак і вуглекисла кислота. Інтенсивність утворення сірководню залежить від кількості органічної речовини й з часом зростатиме. Сірчани водойми нині не досягли стабільних гідроекологічних показників.

Більшість сірчаних водойм нині перебуває на стадії трансформації водних мас, коли відбувається їхня стратифікація. При цьому виділено верхній багатий киснем й інтенсивно переміщуваний шар (епілімніон), перехідний шар із різкими змінами основних гідроекологічних показників (металімніон) і глибоководний слабозміщуваний шар із сталими гідроекологічними показниками (гіполімніон).

Глибокі водойми (понад 20 м) мають виражену стратифікацію водних мас, яка залежить від температури. Результати термометричних досліджень дали змогу виявити пряму температурну стратифікацію у весняно-осінній період і зворотну – у зимовий період року. У літній період на поверхні і до глибини 5-6 м температура водної товщі становить 19-22 С°. На глибині 5-11 м фіксують термоклин із різким падінням температури води до 5-7 С°, на більших глибинах вони стабілізуються. У гіполімніоні водойм температура води знижена за певною закономірністю, однак на значних глибинах (15-20 м) через різну прозорість водних мас спостерігають відмінності до 3 С°. При постійних низьких значеннях температури атмосферного повітря та формуванні криги у водоймах встановлено зворотний розподіл температури, коли з глибиною температура води зростає від 0-1 С° до 5-6 С°. У водоймах сірчаних кар'єрів виявлено стратифікаційні ознаки за вмістом сірководню. В гіполімніоні вже сьогодні виділяють зони окислення сірководню і сірководневі зони. Вміст сірководню у водоймах коливається від 1 до 18-20 мг/дм<sup>3</sup>.

**Формування ґрунтового покриття.** З метою визначення напрямів розвитку та оцінювання темпів формування новостворених чи відновлення (регенерації) постмайнінгових ландшафтних систем варто дослідити процеси ґрунтоутворення та еволюції ґрунтів [1]. Генезис ґрунтів ландшафтних систем у постмайнінгову фазу розвитку підпорядковано загальним закономірностям ґрунтоутворення. Сформовані типи ґрунтосумішей постмайнінгових ландшафтних систем належать до природно-історичних утворень із коротким періодом розвитку, а антропогенні властивості є лише стартовою основою їхнього генезису. На думку І. Шпаківської [26], ґрунти, які формуються без прямого втручання людини, за рахунок абіотичних та біотичних властивостей екотопів, належать до ембріоземів та елювіоземів, а рекультивовані ґрунти – до техноземів, вихідним пунктом функціонування яких слід вважати відсіпання насипного (привнесеного) гумусованого субстрату. Особливості ґрунтового покриття в межах Передкарпатського сірконосного басейну досліджено багатьма вченими-ґрунтознавцями [12, 26]. На основі субстантно-генетичної класифікації, авторами виділено головні типи посттехногенних ґрунтів у районах сірчаних кар'єрів. Природні ґрунти займають від 25 до 40 % площі земельних відводів, а решта – належать до постлітогенних біогенно-нерозвинених ґрунтів –

ембріоземів, які виникли на зовнішніх відвалах та техноземів, що приурочені до рекультивованих ділянок.

У процесі розроблення сірчаних кар'єрів утворено низку різновікових відвалів, складених породами, які беруть участь у зональному ґрунтоутворенні, так й розкривних і вміщувальних порід, що не є ґрунтоутворюючими (наприклад, неогенові глини, сірковмісні вапняки тощо). Головною проблемою освоєння відвальних відкладів є їхня "неприродність", а інколи й токсичність для біоти. Різні за складом і віком схили відвалів та кар'єрних виїмок зруйновні ерозійними процесами, що ускладнює закріплення органічного матеріалу [6]. Збагачення сірчаної руди передбачає промиванням і повторне перевідкладення субстратів (вапняків, пісків, супісків тощо) та утворення наливних техноґрунтів гідровідвалів і хвостосховищ.

Ембріоземи представлені ініціальним, орґаноаккумулятивним, дерновим та гумусово-аккумулятивним типами. Головними властивостями ембріоземів, від яких залежить початкова стадія заселення рослинами гірничопромислових територій є гранулометричний склад і фізичні властивості поверхневого шару розкривних та вміщувальних порід, експозиція та крутизна схилів кар'єрів чи відвалів, тобто основних едафічних умов, від яких залежить закріплення та проростання привнесеного насіння. На подальших етапах сингенетичної сукцесії розвиток рослин, збільшення загального проективного покриття зумовлено хімічними властивостями порід. Формування рослинного покриву нерозривно пов'язано з розвитком процесів ґрунтоутворення, водно-повітряного режиму у профілі ґрунтосуміші [12]. Чинниками, які гальмують процеси заростання та розвиток стабільних і динамічних ґрунтово-екологічних функцій ґрунтового покриву, вважають низьку кількість фракцій фізичної глини у породах відвалів [7].

На жаль, серед в межах сірчаних родовищ лише біля 5-6 % порушених територій рекультивовано. Це переважно відвали, сформовані четвертинними лесовидними суглинками. На більшості відвалів, складених неогеновими глинами, не проводили жодних рекультиваційних робіт. Відповідно до вимог проведення рекультивації [23], породи, які не є ґрунтоутворюючими, повинні бути вкриті потенційно родючими відкладами, а вже на їхній основі сформовано профіль нового ґрунту. Ці вимоги рідко виконують і гумусовмісним шаром, який є діагностичною ознакою техноземів, перекрито неадаптованими до процесу ґрунтоутворення породами. Несумісність водно-фізичних та хімічних параметрів поєднаних шарів сприяє розвитку негативних екзогенних процесів (оглеєнню, заболоченню, зсувам, ерозії), які ускладнюють процеси ґрунтоутворення. Так, у 1976-1978 рр. на Подорожненському руднику окремі ділянки рекультивовано та нанесено на їх поверхню четвертинні відклади (лесовидні суглинки і супіски) шаром потужністю 0,5-0,7 м із подальшим вирощуванням у сівозміні зернових культур впродовж 10 років [23].

Техногенні комплекси, окрім об'єктів кар'єрного розроблення, включають значні території допоміжного призначення, які обслуговують функціонування кар'єрів, або використано для розкриття кар'єрної виїмки. Наявність тієї чи іншої зони залежить від технології та тривалості розроблення кар'єру та якості проведених рекультиваційних робіт. З віддаленістю від кар'єрної виїмки інтенсивність техногенної трансформації ґрунтового покриву зменшується [6]. В межах ключових ділянок зустрінули ділянки сільськогосподарського, лісгосподарського і рекреаційного використання, які зазнали змін внаслідок експлуатації технічних засобів. Ґрунти цих ділянок зберегли типову приналежність, однак частина природних властивостей змінена під впливом різного характеру та інтенсивності господарської діяльності.

Ґрунтоутворення та умови функціонування молодих ембріоземів і техноземів мають низку особливих рис, які відмінні від природних аналогів. Залежно від віку відвалів та характеру розкривних порід, ґрунтоутворенням охоплено верхні шари субстрату (від 3 до 20 см). Ґрунтосуміші вирізняються малою потужністю і слабкою диференціацією вертикального профілю. Для них характерно формування простих рослинних угруповань внаслідок самозаростання [4], нагромадження первинної органіки, утворення орґаногенних горизонтів, формування ґрунтового поглинаючого комплексу [20].

Під час видобування сірчаної руди у кар'єрах розкривні породи безсистемно складували у внутрішніх і зовнішніх відвалах й при цьому неогенові відклади перемішували із четвертинними. За властивостями розкривні породи є неоднорідними. З глибиною вміст гумусу складає 2,15-0,62 %, рН змінюється від 6,5 до 7,5 од., зменшується гідролітична кислотність, вміст рухомих форм азоту, фосфору, калію, збільшується питома маса ґрунту [23].

Першою ґрунтовою ознакою на початкових етапах розвитку є структура ембріоземів. У рихлих й пухких ґрунтосумішах відбувається поверхневе ущільнення безструктурного матеріалу, тоді як щільні породи піддаються фізичному, водно-морозному та біогенному розпушуванню. На швидкість структуривання ембріоземів впливають фізико-механічні процеси (зволоження-висихання, набування-просідання, замерзання-відтаювання тощо) і характер піонерних рослинних угруповань. За гранулометричним складом ембріоземи зовнішніх відвалів належать до важкосуглинкових і легкоглинистих. Переважання важкого гранулометричного складу (глин і суглинків) уповільнює диференціацію ґрунтового профілю та інтенсивність міграції поживних елементів. Водночас, це стримує проникнення і розвиток деревних і чагарникових видів у трав'яні рослинні угруповання кореневищної стадії сукцесії. Головно, це стосується легкоглинистих ґрунтосумішей через формування незадовільного водно-повітряного режиму у ґрунтовому профілі.

Від швидкості проникнення окремих видів та формування різних рослинних угруповань залежить щільність будови шару ґрунту. Щільність будови верхніх горизонтів ембріоземів на відвалах коливається у діапазоні 1,28-1,50 г/см<sup>3</sup>, на гідровідвалі – 1,40-1,45 г/см<sup>3</sup>, на хвостосховищах – 1,06-1,55 г/см<sup>3</sup> [12]. Висока щільність будови ґрунтосумішей як суглинкових, так і зв'язанописаних несприятливо впливає для проникнення коренів рослин, життєдіяльності ґрунтової фауни, зменшує темпи гумусоутворення, незважаючи на значну біомасу трав'яного ярусу кореневищної стадії сукцесії. Перші морфологічні ознаки формування гумусового горизонту в ембріоземах і техноземах районів видобування самородної сірки спостерігають на ділянках, які не використовували протягом 10-15 років. У техногенних ґрунтах мінералізація органічної речовини домінує над гуміфікацією, а в нагромадженому гумусі переважає гумін та рухомі фульвокислоти [11]. В намівних ембріоземах, де субстрат позбавлений потенційної родючості, процес нагромадження органічних сполук відбувається ще повільніше, а загальний вміст гумусу заледве сягає 0,2 %.

Головним питанням, що стосується функціонування постмайнінгових ландшафтних систем є визначення ролі екологічних чинників у процесі як природного, так і штучного відновлення ґрунтового покриву. У цьому процесі важливе значення відіграє спонтанне (некероване) самовідновлення рослинного покриву. На думку І. Рабика [24, 25], на ранніх (піонерних) стадіях самозаростання ґрунтосумішей провідна роль належить мохоподібним, а на пізніших – збільшується роль судинних рослин.

**Первинні сукцесійні зміни.** На підставі досліджень процесів формування рослинного покриву в межах постмайнінгових ландшафтних систем сірчаних родовищ [4], виокремлено первинні сингенетичні та ендоекогенетичні прогресивні сукцесії. Такі сукцесії супроводжено ускладненням структури рослинного покриву, зростанням їхньої стабільності і продуктивності. Існування різних варіантів сукцесійних змін зумовлено екологічними умовами: властивостями субстрату, зволоженням, рельєфом та ступенем сучасного антропогенного навантаження [18]. Процес заростання неогенових мергелевих глин, четвертинних суглинків, супісків і пісків розділяють на ряд послідовних етапів і стадій розвитку рослинних угруповань. На відносно стабільних техногенних глинистих і суглиннистих субстратах відвалів роль едифікаторів поступово переходила до нещільнокущових злаків: пирію повзучого (*Elytrigia repens*), вівсяниці лучної (*Festuca pratensis*), мятлика лучного (*Poa pratensis*), плевела багаторічного (*Lolium perenne*) та ін. На ерозійних і перезволожених схилах поширені хвощ польовий (*Equisetum arvense*), хаменерій вузьколистий (*Chamaenerion angustifolium*), осока мохната (*Carex hirta*). В умовах надмірного періодичного затоплення і підтоплення сингенетична сукцесія формуює угруповання очерету звичайного (*Phragmites australis*) і рогозу широколистого (*Typha latifolia*).

Інший варіант сукцесії спостерігали на нестабільних зсувних та ерозійних схилах колишнього кар'єру і зовнішніх відвалів із пересіченим горбкуватим рельєфом, де можливості розвитку нещільнокущових злаків значно обмежені. У цьому випадку сукцесія призупинялася на проміжному кореневищному етапі. Домінантами, залежно від інтенсивності зсувних та ерозійних процесів та режиму зволоження, ставав підбіл звичайний (*Tussilago farfara*) або кунічник наземний (*Calamagrostis epigeios*). У місцях засолення субстрату формування рослинного покриву здійснено за рахунок щільнокущового виду безкільниці (*Puccinellia distans*).

Для заростання піщаних ґрунтосумішей гідровідвалу характерний короткий період домінування ценофобних і рудеральних видів. Рослинний покрив сформовано за рахунок кунічника наземного, підбілу звичайного, осоки мохнатої, мятлика лучного і польовиці тонкої (*Agrostis tenuis*). На піщаних субстратах й нині не завершено кореневищний етап формування рослинного покриву.

Для піонерних стадій розвитку рослинних трав'янистих угруповань кар'єрів і відвалів характерні незначні запаси фітомаси, які зростають з віком їхнього заростання та зменшенням антропогенного навантаження. Найменші запаси фітомаси характерні ділянкам з молодими кар'єрними ембріоземами. Рослинне угруповання на п'ятирічній ґрунтосуміші володіє запасом фітомаси до 0,6 кг/м<sup>2</sup>. Фітоценози 10- і 15-ти річного самозаростання збільшують власну фітомасу, відповідно на 18 % і 155 % [6]. Прогресивний ріст запасів фітомаси супроводжується перебудовою структури трав'янистих угруповань.

На жаль, продуктивність популяцій в межах постмайнінгових ландшафтних систем за останні п'ять-десять років суттєво знизилася унаслідок ущільнення ценозів та зростання конкурентних взаємовідносин між видами у ході сукцесії. В умовах перезволоження субстрату частіше розвиваються рослинні угруповання із домінуванням очерету звичайного, який витісняє інші види рослин. Іншим чинником слід вважати поступове ущільнення ґрунтосумішей, що призвело до погіршення їхньої водопроникності й додаткового перезволоження.

Стадії первинної сукцесії рослинного покриву тісно корелюють із етапами формування посттехногенних ґрунтів [20]. Оскільки серед кар'єрно-відвальних геосистем, що самозаростають, виділяють чотири головних стадії сукцесії фітоценозів (піонерну або ініціальну, просту, складну і замкнуту), то їм повинні відповідати аналогічні фази ґрунтоутворення. На цій основі виділено такі типи (етапи) формування і розвитку ґрунтового і рослинного покривів [19, 22]: 1) піонерне (ініціальне) рослинне угруповання на ембріоземі ініціальному; 2) просте рослинне угруповання (кореневищна стадія сукцесії) на ембріоземі орґаноаккумулятивному; 3) складне рослинне угруповання (перехідна стадія від кореневищної до дернової стадії сукцесії) на ембріоземі дерновому; 4) зімкнутий фітоценоз

(дернова стадія сукцесії) на ембріоземі гумусовоаккумулятивному. Виділення цих типів сприяє ландшафтному картуванню родовищ самородної сірки.

**Формування рослинного покриву.** Сучасну множину рослинності сірчаних родовищ представлено 329 видами судинних рослин, що належать до 191 роду, 58 родин та 38 порядків. Більшість видів відносяться до п'яти родин: айстрових (*Asteraceae*), тонконогових (*Poaceae*), бобових (*Fabaceae*), розових (*Rosaceae*) та осокових (*Cyperaceae*) [17]. Здебільшого, вони представлені трав'янистими рослинами, що характерні для лучної рослинності лісостепової зони. У складі рослинності переважають лучні, лучно-болотні, лучно-чагарникові, лісо-чагарникові, лісо-лучні та рудеральні види, які володіють значною екологічною пластичністю та здатністю зростати в умовах антропогенної трансформації постмайнінгових ландшафтних систем.

Головними едифікаторами рудеральної і лучної рослинності постмайнінгових ландшафтних систем є кунічник наземний, підбіл звичайний, пирій повзучий (*Elytrigia repens*), будяк польовий (*Cirsium arvense*), деревій звичайний (*Achillea submillefolium*), люцерна (*Medicago lupulina*), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale*), конюшина лучна (*Trifolium pratense*) і морква дика (*Daucus carota*). До субедифікаторних відносять ще 25 видів рослин, а решта – трапляються в рослинних угрупованнях зрідка [17]. Інколи виникають специфічні варіанти трав'яної рослинності. Лучні і рудеральні види рослин поширені на припіднятих, переважно вирівняних й добре освітлених кар'єрних і відвальних поверхнях. Головною умовою формування таких рослинних угруповань вважаємо відсутність постійного перезволоження ембріоземів.

В межах рекультивованих ділянок відбувається заселення вільних площ експлерентами: перстрачем гусячим (*Potentilla anserine*), будяком польовим і пирієм повзучим. Саме ці багаторічні рослини мають велике фітомеліоративне значення й закріплюють верхню частину ґрунтосуміші. З часом до складу таких піонерних агрегацій окремозростаючих рослин додалися неправдиві експлери та однорічні рослини. На рекультивованих ділянках продовжує формуватися мозаїчно розміщена й нещільна дернина.

Мохоподібні, завдяки їхній високій толерантності до екстремальних умов природного середовища у районах сірчаних кар'єрів, також заселяють новостворені антропогенно-трансформовані і рекультивовані території. Відмерлі рештки мохів збагачують субстрат, що є важливою ланкою ґрунтоутворення та створюють сприятливі мікрокліматичні умови для поселення судинних рослин. Встановлено, що навіть незначна біомаса мохоподібних суттєво впливає на приживання інших рослин і структуру їхніх угруповань та виступають індикаторами вологості місцезростань [15]. Кількість видів мохоподібних зростає від верхніх до нижніх частин кар'єрів і відвалів. Найбільше їх виявлено в основах затінених північних схилів. Приуроченість мохів залежить від вологості ембріо- і техноземів: на північному схилі ростуть мезогірофіти та гірофіти, на південному – ксеро- та мезофіти [25].

Висока стійкість та стабільність характерна лучно-болотним угрупованням очерету звичайного, які доволі часто мають субедифікаторів – осоку мохнату і рогіз широколистяний. Поширення таких угруповань зумовлено наявністю зон затоплення, підтоплення і вторинного заболочення, а також перезволоженими ембріоземами у понижених, пересічених й слабостічних ділянках колишніх гірничопромислових об'єктів.

За сприятливих ландшафтно-екологічних умов (підвітряні схили, нормальна вологість і кислотність ґрунту тощо) на невеликих ділянках формується лісо-чагарникова рослинність. До складу трав'яних фітоценозів додається верба (*Salix fragilis*), осика (*Populus tremula*), обліпіха крушиновидна (*Hippophae rhamnoides*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia*), береза бородавчата (*Betula pendula*), жимолость татарська (*Lonicera tatarica*), ожина (*Rubus caesius*), сніжноягідник (*Symphoricarpos*). Більшість рослин в лісових культурах на прикар'єрних площах і зовнішніх відвалах відзначаються пригніченим розвитком, малим діаметром стовбурів, що зумовлено низькою забезпеченістю поживними речовинами. Найкращою біологічною стійкістю та показниками росту відзначаються робінія псевдоакація, верба козяча (*Salix caprea*) і ліщина (*Corylus*) [9]. Середні значення приросту характерні для берези бородавчатої, робінії псевдоакації, сосни звичайної та ін. Значної шкоди розвитку лісових культур завдає вигорання трав'яного покриву. Слід відзначити, що молоді дерева і підріст мають значно більший приріст по висоті.

На гідровідвалі і тимчасовому хвостосховищі склад, кількісні показники й структурно-функціональна організація рослинних угруповань водозахисних дамб подібна до тих, що сформовані на зовнішніх відвалах. Окрайні поверхні гідровідвалу мають нечисленні і бідні рослинні угруповання, які представлені лісо-лучними куртинами сосни звичайної, обліпіхи крушиновидної, верби козячої, робінії псевдоакації, осики, берези бородавчатої, кунічника і підбіла звичайного та ін. Окремі ділянки гідровідвалу повністю позбавлені рослинності.

**Функціонування і розвиток постмайнінгових ландшафтних систем.** Упродовж 1997-2014 рр. проведено еколого-ландшафтні дослідження в межах головних гірничопр-мислових районів Передкарпатського сірконосного басейну: Яворівського, Роздільського і Подороженського. За результатами польового еколого-ландшафтного знімання й на основі удосконаленої методики [13] складено детальні ландшафтні карти для ключових ділянок, що відображають особливості просторової диференціації природних умов досліджуваних територій.

Розглянемо особливості еколого-ландшафтного картування на прикладі ключової ділянки "Яворівська водойма". Площа досліджуваної ділянки становить 26,3 км<sup>2</sup>. Ділянка має наближену до прямокутної форму і розміри 4,0 × 7,0 км. Вихідними матеріалами під час польового знімання виступали план гірничих робіт із нанесеною на них топоосною масштабу 1 : 5 000, космознімки Landsat 7 ETM+ та Spot DOI-10 з просторовою роздільною здатністю 30 м та серія аерознімків високого ступеня деталізації [16]. Головними об'єктами ландшафтного знімання виступали постмайнінгові ландшафтні системи, що сформовані на основі колишнього Язівського сірчаного кар'єру, трьох зовнішніх відвалів, гідровідвалу, відстійників, хвосто- і водосховищ.

Ключова ділянка знаходиться в межах Сянського Передкарпаття. На основі еколого-ландшафтних досліджень створено карту, яка відображає особливості ландшафтної структури ключової ділянки. В її межах за морфогенезом виокремлено дев'ять видів місцевостей (рис. 1). Розроблення покладів самородної сірки призвело до суттєвого ускладнення ландшафтної структури досліджуваної території. До початку будівництва сірчаного кар'єру у районі дослідження варто було б виділили лише три види місцевостей.

У межах долин річок Шкло, Гносець та Якша, що займають найнижчі абсолютні висоти (до 250 м), розміщена місцевість заплав і фрагментів перших надзаплавних терас, складена переважно супіщаним і суглинистим алювієм та торфовищами з лучною, лучно-болотною і болотною рослинністю на торфово-болотних і дернових оглеєних ґрунтах. Цій місцевості відповідають зони вкрай повільної міграції забруднюючих речовин з переважанням кисло-глейового (H-Fe) класу геохімічних ландшафтних систем. Днища долин річок мають ширину 0,5-1,0 км, місцями збереглися фрагменти низьких терас. На заплаві переважають плоскі форми рельєфу, заболочені і заторфовані, та бідна лучно-болотна рослинність. Внаслідок затоплення, підтоплення і вторинного заболочення річкових долин значні площі місцевості зайнято антропогенно-трансформованими ландшафтними системами. Тут сформовано затоплені й підтоплені ділянки з лучно-болотною рослинністю на торфово-болотних, дернових і дерново-підзолистих ґрунтах.

Місцевість хвилястої водно-льодовикової рівнини, що займає висоти 250-260 м, складена піщано-глинистими флювіогляціальними відкладами з дубово-сосновими лісами (переважно розораними) на дерново-підзолистих ґрунтах. Їй відповідає зона вільної міграції та інтенсивного вносу забруднюючих речовин з переважанням кислого (H) класу геохімічних ландшафтних систем. Рельєф місцевості слабохвилястий з домінуванням пологих схилів. Лише близько 15 % площі ділянки заліснено дубово-сосновими і сосновими лісами. В межах цієї ландшафтно-одиноці сформовано плоскі, місцями припідняті промислові поверхні із штучними лісо-чагарниковими насадженнями та залишками природної лісо-лучної рослинності, що сформована на ембріо- і технозомах, фрагментах дернових і дерново-підзолистих ґрунтів. Чимало земель (23,5 %) перезволожено або заболочено й непридатно для сільськогосподарського використання [14].

Незначний фрагмент у південно-східній частині ключової ділянки займає місцевість пасмово-хвилястих і хвилястих рівнин (понад 260 м), складених малопотужними флювіогляціальними відкладами, що фрагментарно перекриті лесовидними суглинками з березово-сосновими, сосново-дубовими лісами і ріллею на світло-сірих опідзолених та дерново-підзолистих ґрунтах. Для неї характерні зони сповільненої міграції забруднюючих речовин із переважанням кальцієвого (Ca) і кисло-кальцієвого (H-Ca) класів геохімічних ландшафтних систем. Рельєф місцевості погорбований й розчленований заторфованими долинами водотоків.

Важливе середовищеформуюче місце посідають ландшафтні місцевості антропогенного походження. Вище рівня Яворівської водойми залишилися круті і сильноспадисті ступінчасті зовнішні схили кар'єру, складені неогеновими глинами і скелястими включеннями пісковиків з болотною рослинністю на ембріоземах ініціальних й органоаккумулятивних. Власне у цій місцевості здійснено основний обсяг проектно-рекультивационних робіт, зокрема в місцях найкращого під'їзду до водойми виположено прибережні ділянки та створено мілководні зони. Відновлення рослинного покриву рекультивованих ділянок ще не завершено, а проектне покриття рослинністю коливається від 0 до 80 %. Місцевість заросла очеретяними рослинними угрупованнями, слабопрохідна і сильнозаболочена.

Практично з усіх сторін схили кар'єру оточено горбистими і плоскими перезволоженими ступінчастими прикар'єрними і привідвальними поверхнями, складеними четвертинними алювіальними і флювіогляціальними пісками та делювіальними суглинками з лучно-болотною рослинністю на ембріоземах дернових і гумусовоаккумулятивних. Антропогенна місцевість простягнена вузькою смугою (шириною 200-400 м) вздовж кар'єру і зовнішніх відвалів. Значно багатшою і різноманітнішою стає рослинність. Поряд із очеретяниками сформовано лучні і лучно-чагарникові угруповання.

В межах зовнішніх відвалів ділянки утворено місцевості крутосхилого горбогір'я, складене змішаними неогеновими і четвертинними вапняково-мергелево-глинистими відкладами з чагарниковою заростями і лучно-болотною рослинністю на ембріоземах органоаккумулятивних. Більшість площ місцевостей займають болотні види рослин. На гривах, гребенях і пагорбах розвинуті складні чагарникові, лучні і лучно-болотні рослинні угруповання. У замкнених пониженнях утворено невеликі, переважно подовгасті водойми, заболочені й перезволожені площі.

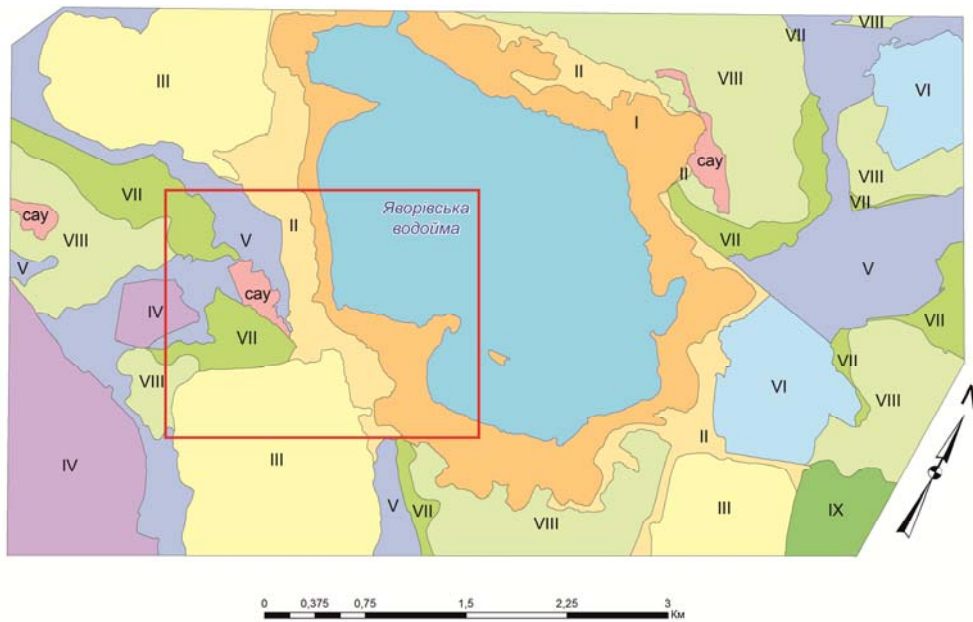


Рис. 1. Морфогенез ландшафтних місцевостей ключової ділянки “Яворівська водойма”

**I-IV. Антропогенний тип:** I. Круті і сильноспадисті ступінчасті зовнішні схили кар’єру, складені неогеновими глинами і скелястими включеннями пісковиків з болотною рослинністю на ембріоземах ініціальних й орґаноаккумулятивних, заболочені. II. Горбисті і плоскі перезволожені ступінчасті прикар’єрні і привідвальні поверхні, складені четвертинними алювіальними і флювіогляціальними пісками та делювіальними суглинками з лучно-болотною рослинністю на ембріоземах дернових і гумусовоаккумулятивних, частково заболочені. III. Крутосхиле відвальне горбогір’я, складене змішаними неогеновими і четвертинними вапняково-мергелево-глинистими відкладами з чагарниковою заростями і лучно-болотною рослинністю на ембріоземах орґаноаккумулятивних, частково заболочене. IV. Плоскі поверхні відстійників і хвостосховищ, складені відсортованими вапняково-піщанистими відкладами з пустощами, чагарниковими заростями і лучно-болотною рослинністю на ембріоземах орґаноаккумулятивних, частково заболочені. **V-VI. Природно-антропогенний (антропогенно-трансформований) тип.** V. Затоплені й підтоплені ділянки плоских поверхонь заплави і терас та понижених частин межиріччя з лучно-болотною рослинністю на торфово-болотних, дернових і дерново-підзолистих ґрунтах, обводнені і заболочені. VI. Плоскі припідняті промислові поверхні із штучними насадженнями та залишками природної лісо-лучної рослинності на бетонному покритті, техноземах, дернових і дерново-підзолистих ґрунтах, частково підтоплені і заболочені. **VII-IX. Природний (антропогенно-модифікований) тип:** VII. Плоскі поверхні заплави і фрагментів першої надзаплавної тераси, складені піщаним і супіщаним алювієм з лучною рослинністю на торфово-болотних і дернових оглеєних ґрунтах. VIII. Слабохвилясті межиріччя, складені потужними флювіогляціальними пісками, які фрагментарно перекриті супіщаним алювієм з дубово-сосновими і сосновими лісами на дерново-підзолистих ґрунтах, частково розорані. IX. Плоско-хвилясті межиріччя, складені слабопотужними флювіогляціальними піщано-глинистими відкладами з мішаними (дубово-сосновими) лісами на дерново-підзолистих глеуватих ґрунтах, частково розорані. **Інші ландшафтні системи:** *cau* – складні урочища антропогенного походження (кар’єр будівельної сировини, промисловий майданчик, сміттєзвалище).

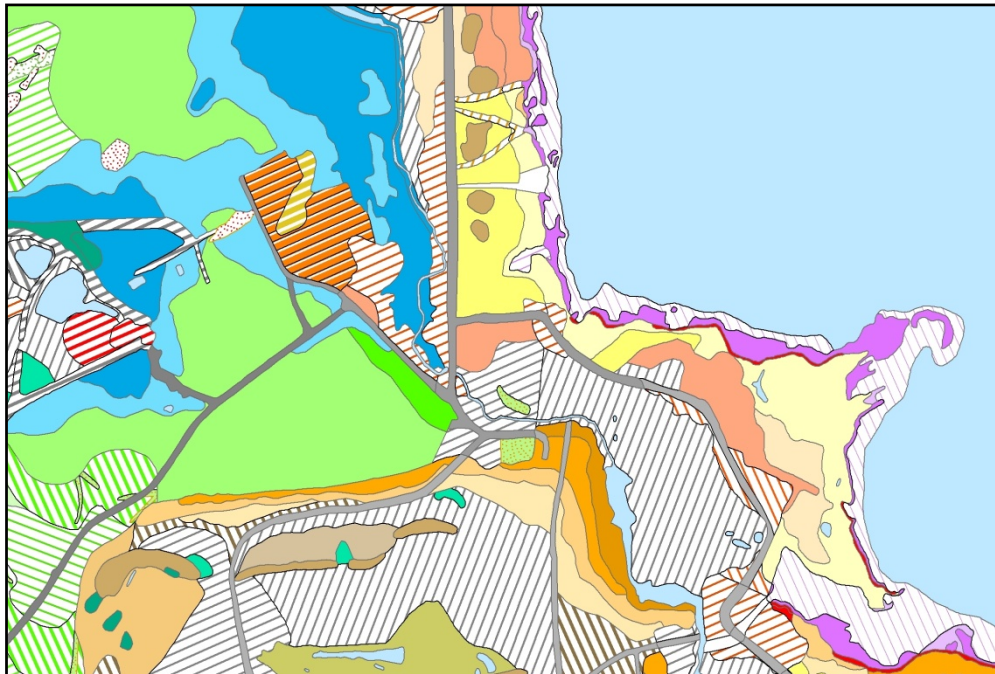
У південно-західній частині ключової ділянки поширено плоскі поверхні відстійників і хвостосховищ, складені відсортованими вапняково-піщанистими відкладами з пустощами, чагарниковою і лучно-болотною рослинністю на ембріоземах орґаноаккумулятивних. У центральних ділянках карт відстійників розміщені залишкові водойми, оточені чагарниковими заростями і болотними угрупованнями. Периферійні ділянки цих карт відрізняються за видовим складом із переважанням чагарникових купин і лучної рослинності.

Проведені еколого-ландшафтні дослідження дали змогу виявити в межах ключової ділянки “Яворівська водойма” 39 видів антропогенних урочищ, чотири – антропогенно-трансформованих урочищ і 11 – природних урочищ (рис. 2). Складність організації ландшафтних систем досліджуваної території відображена за допомогою матриці.

Формування берегової смуги Яворівської водойми не завершилося. Після закінчення заповнення водойми виникли несформовані берегові відмілини із затопленими деревами і чагарниками. Абразійні процеси поступово відсувають й вирівнюють берегову лінію, що заважає закріпленню рослинного покриву. Висота абразійних уступів у багатьох місцях становить 1,0-2,5 м. У мілководдях розвиваються надводні і підводні види рослин. Продовжується розмивання островів, більшість з яких розміщено у прибережній зоні водойми.

Відзначимо суттєве ускладнення ландшафтної структури в межах ключової ділянки після завершення розроблення сірчаных покладів відкритим способом. На кар’єрних і прикар’єрних ділянках (до 500 м від водойми) спостерігаємо найскладнішу організацію постмайнінгових ландшафтних

систем. У цій зоні сформовано 20 видів антропогенних урочищ. При цьому переважають невеликі за площею ландшафтні системи (до 0,05 км<sup>2</sup>). Здебільшого, ландшафтні системи мають видовжену форму, що витягнута паралельно до меж гірничопромислових об'єктів. Дрібноконтурність урочищ відповідає зонам інтенсивного розвитку зсувних та ерозійних процесів та пострекультивованим ділянкам. Значно більшу геопросторову розмірність мають ландшафтні системи в межах зовнішніх відвалів, гідровідвалу, хвостосховища і ділянок технологічних комплексів. В окремих випадках спостерігаємо сусідство велико- і дрібнорозмірних ландшафтних урочищ, що зумовлене мозаїчним проявом зон карстування, підтоплення і вторинного заболочення.



**Рис. 2.** Фрагмент ландшафтної карти ключової ділянки “Яворівська водойма” (місцезнаходження фрагменту карти показано на рис. 1)

Територія досліджуваної ділянки має пасмово-горбистий вигляд із багатьма дрібними пагорбами, гребенями, терасами, улоговинами і балками. Більшість ландшафтних урочищ є схилами різної крутизни та експозиції. Переважаючими є спадисті і похилі схили. Різноманітність форм рельєфу сприяє формуванню і розвитку ґрунтового і рослинного покривів. Серед ландшафтних урочищ антропогенного походження особливе місце займають ліквідовані або частково діючі сміттєзвалища з рудеральною лучно-чагарниковою рослинністю на хемоземах ініціальних.

### Висновки

Формування постмайнінгових ландшафтних систем Передкарпатського сірконосного басейну не завершено. Більшість постмайнінгових геосистем молоді, віком від 3-5 до 15-20 років. Водночас продовжують з'являтися, трансформуватися чи зникати водні об'єкти, ускладнюється структура ґрунтового і рослинного покривів. На окремих площах проводять технічну рекультивацию із формуванням нових й видозміненням існуючих мезоформ рельєфу. Відзначимо значну інтенсивність прояву небезпечних екзогенних процесів: карстових, зсувних, ерозійних, абразійних тощо.

### Література

1. Андроханов В. А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В. А. Андроханов, Е. Д. Куляпина, В. М. Курачев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.
2. Білонога В. М. Сукцесії рослинності на отвалах серних местороджень Прикарпаття: автореф. дис. ... канд. біол. наук / В. М. Білонога. – Днепропетровск, 1989. – 16 с.
3. Білонога В. М. Рослинність відвалів сірчанних родовищ Львівської області / В. М. Білонога // Укр. ботан. журн. – 1989. – Т. 46. – № 1. – С. 26-29.
4. Білонога В. Первинні сукцесії техногенних ландшафтів сірчанних родовищ / В. Білонога, А. Малиновський // Екологічні проблеми природокористування та біорозмаїття Львівщини: Праці НТШ. – 2001. – Т. VII. – С. 76-82.
5. Бойко Т. І. Геохімія сірки і стронцію в зоні техногенезу сіркодобувних підприємств Передкарпаття: автореф. дис. ... канд. геол. наук / Т. І. Бойко. – Львів, 1995. – 25 с.
6. Вовк О. Б. Динамічні тенденції розвитку техногенних ґрунтів / О. Б. Вовк // Наук. вісник НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.7. – С. 36-46.



7. Гаджиев И. М. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель / И. М. Гаджиев, В. М. Курачев, В. А. Андрюханов. – Новосибирск: ИГА СО РАН, 2001. – 28 с.
8. Гайдин А. М. Региональный ландшафтный парк “Подорожне”: альбом / А. М. Гайдин, І. І. Зозуля. – Львів: ПТВФ Афіша, 2003. – 19 с.
9. Гайдин А. М. Яворівське озеро – перлина Львівщини: альбом / А. М. Гайдин, І. І. Зозуля. – Львів: ПТВФ Афіша, 2003. – 20 с.
10. Гірничо-хімічна промисловість Львівщини. Історія. Сьогодні. Майбутнє. Екологія. – Львів: ПП Манускрипт-Львів, 2004. – 244 с.
11. Гумусообразование в техногенных экосистемах / под ред. Р. В. Ковалева. – Новосибирск: Наука, 1986. – 165 с.
12. Дідух О. І. Фізичні властивості ґрунтів у межах посттехногенного ландшафту Яворівського ДГХП “Сірка” / О. І. Дідух, М. С. Мальований, І. М. Шпаківська // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. Сер.: Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2008. – № 609. – С. 226-234.
13. Іванов Є. А. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання / Є. А. Іванов, І. П. Ковальчук // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. – 2012. – Вип. 612-613 : Географія. – С. 54-59.
14. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій / Євген Іванов. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 334 с.
15. Кияк Н. Роль бріофітного покриву у ренатуралізації техногенних субстратів на території видобутку сірки / Н. Кияк, О. Баїк // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2012. – Вип. 59. – С. 114-121.
16. Ковальчук І. П. Картографування геоекологічного стану природно-господарських систем гірничо-промислових територій / І. П. Ковальчук, Є. А. Іванов, В. В. Ключник // Часопис картографії. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2011. – Вип. 2. – С. 129-137.
17. Мануїлова Г. М. Розвиток рослинності на деєастованих землях гірничодобувних підприємств / Г. М. Мануїлова // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2004. – Вип. 14.4. – С. 34-37.
18. Мануїлова Г. М. Фітомеліорація деєастованих ландшафтів в умовах Львівщини: автореф. дис... канд. с.-г. наук / Г. М. Мануїлова. – Львів, 2005. – 18 с.
19. Марискевич О. Г. Особливості формування ґрунтового покриву на відвалах Роздільського ДГХП “Сірка” / О. Г. Марискевич, І. М. Шпаківська // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2001. – 16. – С. 147-152.
20. Марискевич О. Г. Первинна сукцесія на відвалах Язівського родовища сірки: зміни ґрунтових параметрів / [О. Г. Марискевич, І. М. Шпаківська, М. А. Павлюк, Г. В. Полив'яна] // Проблеми і перспективи розвитку природоохоронних об'єктів на Розточчі: Матер. міжнар. наук.-практ. конф. – Львів: Логос, 2000. – С. 109-112.
21. Марискевич О. Г. Сукцесія біоти на відвалах сіркодобувних родовищ Львівщини / [О. Г. Марискевич, І. М. Шпаківська, В. М. Білонога та ін.] // Відновлення порушених природних екосистем: Матер. II міжнар. конф. – Донецьк: ТОВ Лебідь, 2005. – С. 171-173.
22. Марискевич О. Г. Формування ґрунтів у межах техногенного ландшафту Яворівського ДГХП “Сірка” / О. Г. Марискевич, І. М. Шпаківська, О. І. Дідух // Наук. вісн. Чернівецьк. ун-ту. – 2005. – Вип. 251. Біологія. – С. 175-185.
23. Панас Р. Н. Агроэкологические основы рекультивации земель / Р. Н. Панас. – Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 160 с.
24. Рабик І. В. Колонізація мохоподібними деєастованих екоотів Яворівського ДГХП “Сірка” / І. В. Рабик // Проблеми збереження, відновлення та збагачення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища: Матер. міжнар. наук. конф. – Кривий Ріг, 2005. – С. 384-385.
25. Рабик І. Структура і динаміка бріофітних угруповань на деєастованих землях Львівщини (на прикладі відвалу гірничо-хімічного підприємства “Сірка”) / І. Рабик, І. Данилків, О. Щербаченко // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2010. – Вип. 53. – С. 58-66.
26. Шпаківська І. М. Досвід діагностики посттехногенних ґрунтів сіркодобувних підприємств Львівщини / І. М. Шпаківська // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2009. – № 69. – С. 161-166.

**Аннотация.** *Е. А. Иванов. Формирование постмайнинговых ландшафтных систем Передкарпатского сероносного бассейна. В районах ликвидированных серных карьеров Прикарпатья возникают новые постмайнинговые ландшафтные системы. Проведенные эколого-ландшафтные исследования позволили оценить эффективность процессов формирования водной среды созданных водоемов и восстановления почвенного и растительного покровов. На примере ключевого участка “Яворовский водоем” проанализирована современная ландшафтная структура в зоне деятельности бывшего Язовского карьера.*

**Ключевые слова:** *постмайнинговая ландшафтная система, самородная сера, водоем, эмбриозем, сукцессия, Предкарпатский сероносный бассейн.*

**Abstract.** *E. Ivanov. The postmining landscape systems formation in the Precarpathian sulfur-bearing basin. On place of liquidated Precarpathian sulfur careers arise new postmining landscape systems. The ecological-landscape researches gave possibility to estimate efficiency of water environment forming processes on created water bodies and soil and vegetation cover restoration. On example of “Yavoriv water body” key place, was analyzed contemporary landscape structure within former Yaziv career activity zone.*

**Keywords:** *postmining landscape system, brimstone, water body, embryonic soil, succession, Precarpathian sulfur-bearing basin.*

*Поступила в редакцию 31.01.2014 г.*