

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ПОПОВИЧ ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 504.064.47+628.4.03+631.963

**ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННА НЕБЕЗПЕКА СМІТТЄЗВАЛИЩ ТА НАУКОВІ
ОСНОВИ ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ ЗАХОДІВ ЇХ ВИВЕДЕННЯ З
ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук, професор **Кучерявий Володимир Панасович**, Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» Міністерства освіти і науки України (м. Львів), професор кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Шмандій Володимир Михайлович**, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри екологічної безпеки та організації природокористування;

доктор технічних наук, професор **Мальований Мирослав Степанович**, Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри прикладної екології та збалансованого природокористування;

доктор біологічних наук, доцент **Мовчан Ярослав Іванович**, Національний авіаційний університет Міністерства освіти і науки України, завідувач лабораторії екобезпеки

Захист дисертації відбудеться «04» липня 2017 р. об 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.09 Національного авіаційного університету Міністерства освіти і науки України за адресою: пр. Космонавта Комарова 1, м. Київ, Україна, 03058.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного авіаційного університету Міністерства освіти і науки України за адресою: пр. Космонавта Комарова 1, м. Київ, Україна, 03058.

Автореферат розіслано «02» червня 2017 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 26.062.09, д. т. н., доцент



І. В. Матвєєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією із найгостріших екологічних проблем України є поводження із твердими побутовими відходами. Щорічно в нашій державі утворюється орієнтовно 270 кг сміття на одну особу. У країнах Європейського Союзу продукується близько 500 кг побутових відходів на кожного мешканця та спостерігається тенденція до збільшення з року в рік. Основними способами поводження із твердими побутовими відходами є рециклінг, спалювання та складування на полігонах і сміттєзвалищах. В Україні 92% твердих побутових відходів складують. Загалом у нашій державі функціонують близько 6000 полігонів та сміттєзвалищ, які займають площу понад 9 тис. га.

Екологічна небезпека сміттєзвалищ, окрім відчуження родючих земель, проявляється у виділенні біогазу, фільтрату та пожежах твердих побутових відходів, які спричиняють техногенний вплив на довкілля та біоту. Питанням екологічного стану та техногенної небезпеки сміттєзвалищ присвячені наукові праці багатьох українських та закордонних вчених – М. С. Мальваного, В. М. Радовенчика, В. М. Шмандія, Н. П. Гороха, О. В. Березюка, В. В. Снітинського, Я. В. Геника, Х. Пойкера, В. В. Разношика, В. І. Вайсмана, С. В. Максимової, Т. А. Зайцевої, О. М. Гуман, Ш. Ш. Бекбасарова, Ю. І. Скорика, В. М. Пурима, В. Г. Систер, К. Л. Чертеса, Ю. Г. Маджугіної, Т. О. Попутнікової, В. Н. Кудінова, R. S. Borman, D. M. Watson, W. E. Sopper, L. T. Kardes та ін.

Європейські країни ще у 70-х роках минулого століття почали розробляти моделі управління відходами та ліквідації існуючих сміттєзвалищ. Основним методом зниження згубної дії сміттєзвалищ була рекультивация та фітомеліорация. Технологія інженерно-технічного комплексу рекультивацийних робіт передбачала: рециклінг накопиченого сміття, технічний етап (укріплення схилів, створення геохімічних бар'єрів, влаштування ізоляційних екранів) біологічний етап (штучна фітомеліорация), моніторинг довкілля.

В Україні нормативні документи, які регламентують експлуатацію полігонів твердих побутових відходів, не передбачають можливості природного заростання звалищ. Основні норми проектування полігонів відходів (ДБН В.2.4-2-2005) передбачають сівбу багаторічних трав, садіння дерев, чагарників лише для південних і північних регіонів України та без необхідних обґрунтувань тривалість визначають 4 роки. Підбір видового складу рослинності для лісової чи сільськогосподарської фітомеліорация повинен здійснюватися не тільки зважаючи на місця розташування сміттєзвалищ за регіонами, а й з врахуванням умов едафотопу та мікрокліматопу, морфологічного складу побутових відходів, давності відсипання звалища, процесів горіння.

Загалом, сміттєзвалища як потенційно небезпечні об'єкти, функціонують із порушенням вимог експлуатації. В умовах недостатнього фінансування робіт з утримання та рекультивация найбільш прийнятним засобом виведення сміттєзвалищ з експлуатації є природна фітомеліорация. Цей метод передбачає регулювання природних фітомеліоративних процесів та сприяння природному заростанню сміттєзвалищ. Розвиток фітоценотичного вкриття на сміттєзвалищах сприяє зародженню неорельєфу і утворення гумусового шару, що позитивно впливає на розвиток деревно-чагарникової та трав'яної

рослинності як основного засобу покращення екологічного стану та естетики довкілля.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження здійснювалися протягом 2011-2016 рр. у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Дослідження безпосередньо пов'язано з тематикою науково-дослідних робіт: "Лісові пожежі та їх вплив на екологію навколишнього середовища. Підвищення рівня пожежної безпеки лісів Малого Полісся. Розроблення фітомеліораційних заходів на дегазованих ландшафтах" (№ держреєстрації 0107U003734) та "Екологічна безпека гідролітосфери на ділянках вуглевидобутку Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну" (№ держреєстрації 0114U005418), де автор був відповідальним виконавцем.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – обґрунтування наукових засад комплексу організаційних та технічних фітомеліоративних заходів виведення сміттєзвалищ із експлуатації. Відповідно передбачалося виконати такі завдання:

- розробити основні принципи виведення сміттєзвалищ із експлуатації на основі регульованої екологічної сукцесії, а також встановити видовий склад та структуру фітоценозів-меліорантів;
- встановити основні чинники формування екологічної небезпеки у зоні впливу сміттєзвалищ;
- виявити основні закономірності впливу біогенної деструкції на формування гумусового шару сміттєзвалищ та дослідити фізико-хімічні, фізико-механічні, радіологічні та епідеміологічні властивості новоутворених едафотопів;
- дослідити особливості використання макроміцетів як потенційних біоіндикаторів техногенного едафотопу сміттєзвалищ;
- дослідити вплив просторових особливостей розташування сміттєзвалищ на фітомеліоративну ефективність рослинного покриву;
- дослідити вплив техногенних едафотопів та кліматопопів на фізіологічну стійкість рудероценозів сміттєзвалищ;
- дослідити температурні режими та змодельовати температурне поле сміттєзвалищ;
- встановити склад продуктів горіння твердих побутових відходів у залежності від морфологічного складу та оцінити їх вплив на біоту;
- встановити особливості радіаційного фону сміттєзвалищ у залежності від експозицій схилів;
- розробити типологію сміттєзвалищ у межах досліджуваного регіону з врахуванням екологічних, геологічних, едафічних, кліматопічних, інженерних та техногенних особливостей, а також адміністративного та лісотипологічного районування;
- розробити комплекс організаційних і технічних заходів виведення сміттєзвалищ з експлуатації.

Об'єкт дослідження – процеси формування екологічної небезпеки на сміттєзвалищах різної типології.

Предмет дослідження – ландшафто-трансформуючі чинники функціонування сміттєзвалищ та комплекс організаційних і технічних заходів виведення сміттєзвалищ з експлуатації шляхом фітомеліоративного відтворення їх поверхні.

Методи дослідження. Дослідження проводилися за загальноприйнятими апробованими методиками, відповідно до завдань системного підходу з вивчення екологічного стану сміттєзвалищ та їх аналізу. Під час проведення досліджень застосовано такі методи: загальнонаукові (рекогносцирування, спостереження); флористичні (дослідження систематичного складу та структури рослинності сміттєзвалищ); фітоценотичні (польові стаціонарні й напівстаціонарні, закладання трансект, пробних площ та екологічних профілів для дослідження рослинного покриву на ділянках різного ступеня деградації); моніторингу (встановлення умов місць зростання); кліматопічні (дослідження мікроклімату та турбулентності вітрових мас на різних ділянках сміттєзвалищ); ґрунтознавчі (опис генетичних горизонтів ґрунтового профілю та едафічні дослідження поверхневого шару сміттєзвалищ); біоіндикаційні (встановлення токсичності едафотопів за допомогою використання тест-організмів у штучних (крес-салат) та природних (дощовий черв'як, макроміцети) умовах); хімічні (дослідження вмісту важких металів, мінеральних речовин у едафотопіях сміттєзвалищ); радіологічні (дослідження вмісту радіонуклідів у едафотопіях сміттєзвалищ та вимірювання радіаційного фону); мікологічні (визначення кількісного та якісного складу мікроміцетів техногенних едафотопів сміттєзвалищ); термометричні контактні та безконтактні (вимірювання температури едафотопів та відкритого полум'я під час горіння відходів); газохроматографічні (визначення кількісного та якісного складу продуктів горіння відходів); фізіологічні (визначення фізіологічної стійкості рудеральної рослинності); математико-статистичні (моделювання температурного поля сміттєзвалищ, оброблення та опрацювання отриманих даних).

Наукова новизна одержаних результатів. Розв'язується важлива проблема визначення стану екологічної небезпеки в техногенно навантаженому регіоні, яка обумовлена ландшафто-трансформуючими чинниками функціонування сміттєзвалищ, а також обґрунтовано шляхи подолання негативних явищ фітомеліоративними методами.

Наукову новизну визначають такі теоретичні та експериментальні результати досліджень:

вперше:

- обґрунтовані наукові засади виведення сміттєзвалищ із експлуатації шляхом фітомеліоративного відтворення з використанням моделей штучних фітоценозів-меліорантів, реалізація яких сприяє поліпшенню стану екологічної безпеки;
- встановлені та експериментально підтверджені закономірності утворення гумусового шару на поверхні сміттєзвалищ під впливом солей важких металів та розвитком мікроміцетів, що підвищує ефективність проведення моніторингу рівнів екологічної небезпеки з врахуванням фізико-хімічних змін едафотопів;

- науково обґрунтовано використання макроміцетів як біоіндикаторів стану техногенного едафотопу сміттєзвалищ, що надає можливість підвищити ефективність управління екологічною безпекою;
- встановлено просторові закономірності розвитку екологічної сукцесії на сміттєзвалищах з виявленням сингенетичної, та ендоекогенетичної стадій, що дозволяє здійснити прогнозування впливу техногенного забруднення на довкілля;

удосконалено:

- методологічні підходи до дослідження впливу техногенних едафотопів та кліматопоів сміттєзвалищ на фізіологічну стійкість рудеральних видів шляхом врахування захисних реакцій рослин до забруднених субстратів звалищ хлоридами та сульфатами;
- методи дослідження властивостей твердих побутових відходів шляхом використання автоматизованих електронних газоаналізаторів для визначення кількісного та якісного складу продуктів горіння відходів з метою вивчення техногенного впливу на біоту;

набули подальшого розвитку:

- наукові підходи до аналізу формування екологічної небезпеки у зоні впливу сміттєзвалищ, які ґрунтуються на виділенні переважаючих джерел екологічної небезпеки;
- методологія оцінювання радіаційного навантаження на довкілля у зоні впливу сміттєзвалищ, зокрема встановлено залежність потужності еквівалентної дози та щільності потоку бета-частинок від ступеню заростання рослинністю, що дозволяє розробляти і впроваджувати ефективні методи і засоби управління екологічною безпекою.

Практичне значення отриманих результатів:

- використання запропонованої моделі температурного поля навколо осередків горіння відходів з врахуванням діапазонів розподілу температури у товщі звалища дозволяють спрогнозувати зміну геометричних параметрів бічних поверхонь сміттєзвалища внаслідок вигорання його тіла;
- розроблена типологія сміттєзвалищ дозволяє на підготовчому етапі рекультивацийних робіт структурувати ознаки екологічної небезпеки звалищ та обґрунтувати техніко-економічні і технічні робочі проекти з рекультивації;
- розроблена ієрархічна структура сміттєзвалищ та особливості формування флори дозволяють здійснити вибір ефективних видів для проведення біологічного етапу рекультивації.

Розроблено прилади досліджень ґрунту, які висвітлені у патентах на корисну модель: «Пристрій для вимірювання щільності ґрунту», «Пристрій для вимірювання липкості ґрунту».

Результати досліджень використовують: Львівське комунальне підприємство «Зелений Львів» – при проведенні фітомеліорації Львівського сміттєзвалища (акт впровадження від 18.03.2016 р. № 142); Управління екології та природних ресурсів Волинської обласної державної адміністрації – при підготовці щорічної Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища у Волинській області (акт впровадження від 29.03.2016 р.

№596/1.15/2-16). Окремі положення дисертації використовуються у навчальному процесі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності ДСНС України у процесі вивчення дисциплін "Екологічна безпека", "Реабілітація забруднених територій", "Техноекологія", "Моніторинг довкілля", "Управління та поводження з відходами", "Охорона підземних вод" (акт впровадження від 15.02.2016 р. № 8/317/04-07).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та є самостійним дослідженням здобувача, що має наукове та практичне значення. Польові та експериментальні матеріали, дані лабораторних аналізів, літературні джерела опрацьовані особисто автором у період з 2011 до 2016 років. Автором у роботі узагальнено отримані результати, сформульовано висновки та наведені практичні рекомендації.

У роботах, опублікованих у співавторстві:

[1, 15, 21] – автору належить науковий підхід щодо виведення експлуатації сміттєзвалищ шляхом фітомеліоративного відтворення їх поверхні;

[3, 7, 37] – автору належить обґрунтування напрямку дослідження й обробка результатів оцінки впливу продуктів горіння побутових відходів на біоту;

[14, 25] – автором запропонована модель температурного поля сміттєзвалищ та оцінка кількісного і якісного складу продуктів горіння побутових відходів;

[27] – автором запропоновано вдосконалення системи оцінки рівня екологічної небезпеки фільтраційних водойм сміттєзвалищ;

[29, 30] – автору належить науковий підхід до оцінки антропогенізації фітомеліоративного вкриття девастрованих ландшафтів міста;

[49, 50] – автору належить ідея приладів та їх технічна розробка.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, результати досліджень та висновки роботи були викладені та обговорені на наукових конференціях: "Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства" (м. Умань, 2012 р.); Міжнародному молодіжному науковому форумі "Ломоносов-2012" (м. Москва, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції "Рекультивация складних техноэкосистем в новом тысячелетии: ноосферный аспект" (м. Дніпропетровськ, 2012 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції "Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства" (м. Львів, 2012 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції "Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів" (м. Харків, 2013 р.); Третій Міжнародній науково-практичній конференції "Рослини та урбанізація" (м. Дніпропетровськ, 2013 р.); I Міжнародній науковій конференції "Лікарські рослини: фундаментальні і прикладні проблеми" (м. Новосибірськ, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні сорти і технології для інтенсивних садів" (м. Орел, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні проблеми пожежної безпеки, попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій" (м. Кокшетау, 2013 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції "Інновації і технології в лісовому господарстві" (м. Санкт-Петербург, 2014 р.); XII Міжнародній науково-технічній конференції

"Авіа-2015" (м. Київ, 2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю "Надзвичайні ситуації: безпека та захист" (м. Черкаси, 2015 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції "Новітні досягнення біотехнології та нанофармакології" (м. Київ, 2015 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції "Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи" (м. Львів, 2015 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 48 друкованих праць, у тому числі 34 статті у фахових виданнях (з них 7 статей у закордонних), 14 матеріалів доповідей на наукових конференціях, отримано 2 патенти на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Матеріали дисертації викладено на 530 сторінках друкованого тексту, зокрема основний текст – на 310 сторінках. Фактичний матеріал систематизовано у 76 таблицях та ілюстровано 225 рисунками. Список використаних джерел містить 440 найменувань. Дисертаційна робота включає 11 додатків, розміщених на 48 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми і наукової проблеми, сформульовані мета і завдання досліджень, наведені основні наукові положення, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів досліджень.

У **першому розділі** виконано аналіз літературних джерел та визначено основні чинники еколого-техногенного впливу сміттєзвалищ на біоту.

В Україні складуванню на полігонах та сміттєзвалищах підлягають 92% твердих побутових відходів. Така ситуація призводить до перевантаження сміттєзвалищ та збільшення їх площ. Тенденція накопичення відходів на полігонах та сміттєзвалищах ще довго не буде вирішена, адже заводів з переробки сміття в нашій державі є мало. Санітарний стан сміттєзвалищ не відповідає вимогам нормативних документів. Сміттєзвалища Західного Лісостепу характеризуються високим вмістом битого скла різного походження (8% проти 6% у центральних областях та 7,4 у східних), каміння (5% проти 1,1% на сході). Відзначається високий вміст харчових відходів (40%), текстилю (5%). Позитивним явищем є мінімальний вміст деревини (3%), металів (0,05%) та дорожньо-будівельних відходів (6%). Високий вміст целюлози, харчових відходів досліджуваних полігонів сприяють утворення гумусу та органічних речовин (Н. П. Горох, 2005; В. Я. Кожухар, Д. В. Миронов, О. А. Стратулат, 2007; Є. В. Мислюк, 2008; О. Р. Попович, О. Р. Ярема, 2008; М. Шевченко, О. Медведєва, 2010).

Основними забруднювачами довкілля, які спричинені функціонуванням звалищ сміття і полігонів ТПВ є гази (продукти горіння та взаємодії часток відходів) та стічні води (фільтрат). Небезпечним явищем сміттєзвалищ є утворення біогазу внаслідок деструкції сміття.

В Україні спостерігаються численні випадки пожеж на сміттєзвалищах, які є тривалими, займають значну площу та потребують для гасіння велику кількість технічних засобів та особового складу пожежно-рятувальних підрозділів. Внаслідок горіння відходів у довкілля потрапляють токсичні речовини, які згубно впливають на довкілля та організм людини (Ю. І. Скорик, 2010; А. В. Яцук, 2011; Ю. В. Рябов, 2013;).

Сміттєзвалище ряд науковців розглядають як активний біологічний реактор, управління яким дуже складне. У системі такого біореактора, який працює при постійному потраплянні відходів через нерівномірні проміжки часу, відбувається процес біодеградації органігенів сміття шляхом дії аеробної і анаеробної мікрофлори, в результаті життєдіяльності яких продукти біодеструкції трансформуються в біогаз та фільтрат. Усі процеси мікробіологічної деструкції органічних речовин протікають в гетерогенних умовах (П. П. Казицкас, 1988; Я. І. Вайсман, В. Н. Коротаєв, Ю. В. Петров, 2001; С. В. Максимова, 2006; О. М. Гуман, 2008; Т. А. Зайцева, 2010).

Для прискорення формування на сміттєзвалищах екологічно безпечних екосистем в першу чергу необхідний біологічний етап рекультивації за допомогою спеціально підібраних фіторемедіантів та фітомеліорантів, здатних поліпшувати лісорослинні властивості техногенних едафотопів і формувати родючий шар (П. В. Голеусов, 2002; І. Є. Саратов, 2003; В. П. Кучерявий, 2000; Ю. Г. Маджугіна, 2008; Я. В. Генік, 2015).

У другому розділі розроблено програму досліджень, наведено методи та охарактеризовано полігони експериментальних досліджень.

Досліджувалися 10 сміттєзвалищ, які функціонують в екологічно перевантажених місцевостях Західного Лісостепу – містах Львів, Тернопіль, Луцьк, Червоноград, Сокаль, Рава-Руська, Тисмениця, смт Магерів, селах Лавриків, Верещиця. У цих містах та населених пунктах поверхневі та підземні води забруднені токсикантами, радіоактивно забруднені ґрунти. Загалом екологічний стан повітря і ґрунтів оцінюється як забруднений та дуже забруднений. Причинами забруднення екосистем є, перш за все, експлуатація Львівсько-Волинського вугільного басейну, Карпатської нафтової області, Торфово-болотних областей (Карпат і Прикарпаття, Малого Полісся, Лісостепу), а також численних хімічно-промислових заводів. Складування небезпечних відходів на сміттєзвалищах припинилося, здебільшого, після 1991 року і зупинки експлуатації ряду підприємств. Зараз з виходом у світ підзаконних актів про експлуатацію сміттєзвалищ заборонено складувати небезпечні відходи разом із побутовими. Проте, нормативні документи не вирішують проблеми вже накопичених небезпечних відходів на діючих сміттєзвалищах.

Для досягнення мети роботи на основі результатів аналізу літературних джерел було розроблено методологію досліджень, яка включає:

- теоретичні дослідження екологічного стану сміттєзвалищ та їх впливу на довкілля та організм людини, а також сучасних підходів із фітомеліорації девастрованих ландшафтів;
- розроблення типології сміттєзвалищ досліджуваного регіону та класифікації негативних впливів сміттєзвалищ;

- дослідження едафотопів і кліматопів сміттєзвалищ та визначення ролі біогенної деструкції у формуванні гумусового шару на поверхні звалищ;
- дослідження екологічних сукцесій фітоценозів у процесі формування фітомеліоративного покриття сміттєзвалищ;
- дослідження фізіологічної стійкості рудеральної рослинності сміттєзвалищ та виявлення факторів її підвищення;
- наукове обґрунтування заходів із формування фітоценозів-меліорантів як методу виведення сміттєзвалищ із експлуатації.

Польові дослідження ґрунтів проводили відповідно до "Інструкції..." (1957). Опис генетичних горизонтів та класифікацію виявлених ґрунтів здійснювався згідно "Атласу почв Украинской ССР" (1979). Відбір проб здійснено у відповідності до вимог, що викладені у відповідних державних стандартах та методичних вказівках. Фізико-хімічні дослідження едафотопів у межах ґрунтових горизонтів здійснювалися за допомогою методів І. П. Бабевої (1971), Б. А. Доспехова (1973), Є. В. Аринушкіної (1970), Н. Б. Мякіної, Є. В. Аринушкіної (1979), В. Г. Минеева (2001) та "Лабораторного практикуму з ґрунтознавства" (2003). Зокрема, нітратну форму азоту визначали дисульфофеноловим методом Грандваль-Ляжу, рухомі форми фосфору і калію – за методами Мачігіна та Кірсанова, вміст гумусу – за методом Антонової, Скалябян, Сучилкіної (ДСТУ 4114-2002, ДСТУ 4405:2005, ГОСТ 26488-85, ДСТУ ISO 10390:2007, ГОСТ 26213-91).

Вміст рухомих форм важких металів у едафотопах та рослинних зразках визначалися за допомогою «Методического указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства». Радіонукліди визначали сцинтиляційним методом за допомогою спектрометра енергій гама-випромінювань СЕГ-001 «АКП-С» та бета-випромінювань СЕБ-01 з програмним забезпеченням обрахунку цифрових даних (середнє значення відносної похибки вимірювання, при довірчій ймовірності 95%, не перевищує 25%).

Мікрокліматичні параметри сміттєзвалищ та турбулентність повітряних мас встановлювалися за методиками З. А. Міщенко, Г. В. Ляшенка (2007). При оцінці взаємовпливу мікрокліматичних показників використано кореляційний аналіз.

Розвиток насаджень та параметри їх росту на сміттєзвалищах оцінювали за допомогою лісівничо-таксаційної методики М. П. Анучіна (1977), що передбачає закладання тимчасових пробних площ, вимірювання діаметра деревних порід на висоті 1,3 м, загальну висоту дерев та параметри крон. Оцінка життєвого стану дендрофлори здійснювалася візуально за 5-бальною шкалою Е. Н. Андрєєвої та ін. (2002). Оцінку естетичного стану дерев здійснено за методикою Х. Г. Якубова (2005). Опис та аналіз мікроасоціацій здійснено за методиками А. А. Корчагіна (1976) та В. П. Кучерявого (2000, 2003). Екологічна структура флори наведена за П. С. Погребняком (1968). Геоботанічні описи пробних площ проводилися за стандартною методикою А. Г. Воронова (1973). З метою вивчення подібності флор досліджуваних ділянок сміттєзвалищ використано коефіцієнти флористичної спільності Жаккара та Чекановського–Сьєренсена. Для оцінки надґрунтового рослинного покриття була використана

шкала Drude (1913). Фітомеліоративна ефективність фітоценозів-меліорантів визначалася за методикою В. П. Кучерявого (2003).

Дослідження ґрунтової флори здійснювалися за методиками М. С. Гілярова (1975). Вид дощових черв'яків визначено за методикою Т. С. Перель (1976). Біоіндикацію та аналіз токсичності едафотопів сміттєзвалищ здійснено за допомогою тесту на крес-салат у відповідності до методики А. І. Федорової, А. Н. Нікольської (2003).

Визначення кількісного та якісного складу мікроміцетів техногенних едафотопів сміттєзвалищ проводили методом посіву ґрунтової суспензії з десятичних розведень на сусло-агар та агаризоване середовище Чапека. Культивування досліджених зразків здійснювалося при температурі +26-28°C. Ізольовані культури вивчали з допомогою мікроскопа «МБІ-6» за прийнятою в мікологічних дослідженнях методикою (И. А. Дудка, С. П. Вассер, Э. А. Элланская, 1982). Вивчення ізольованих грибів проводили за загальноприйнятими визначниками (Н. М. Пидопличко, А. А. Милько, 1971; М. В. Ellis, 1993).

Вимірювання вологості ґрунтів здійснювали за допомогою вологоміру "МГ-44". Кислотність та температура субстратів виміряні приладом «КС-300В», зв'язність визначалася за допомогою «Приладу для визначення щільності ґрунту», липкість встановлено за допомогою «Приладу для визначення липкості ґрунту». Для вимірювання потужності еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання, щільності потоку бета-частинок використовувався дозиметр-радіометр МКС-05"ТЕРРА" (відповідає стандарту ISO 9001-2000, сертифікат №203363). Температуру довкілля, швидкість вітру, атмосферний тиск, освітленість заміряно за допомогою портативної метеостанції "Kestrel-4000". Вміст нітратів виміряні за допомогою екологічного тестера довкілля "Soeks". Вміст глюкози у рослинності сміттєзвалищ виміряно за допомогою глюкометра "Accutrend Sensor".

Склад продуктів горіння зразків ТПВ визначено за допомогою багатоканального газоаналізатора "Protege" (сертифікований незалежною організацією на відповідність вимог Директиви ЕМС (2004/108/ЕС)). Температура полум'я виміряна пірометром "GM1150A" (безконтактний метод). Маса твердих побутових відходів зважена за допомогою електронних ваг "Digital scale" із точністю 0,01 г. Для визначення летких речовин зразків та теплотворної спроможності компонентів суміші використано рівняння, які наведені у "Методике исследования свойств твердых отходов" (1970).

Фізіологічні дослідження рудеральної рослинності сміттєзвалищ проводили: ознаки мінерального голодування рослин – за методиками, які описані І. Л. Бухаріною, О. В. Любимовою (2009), П. С. Гнатівим (2002); солестійкість рудеральних видів – за методикою П. А. Генкеля (1965); хлориди і сульфати в едафотопах – за "Методика исследования свойств твердых отходов" (1970); розподіл пігментів – хроматографічним методом за М. С. Цветом (1903); жаростійкість – за методом Ф. Ф. Мацкова (1976); газостійкість – за методиками В. П. Бессонової (2014) та Н. П. Красинського (1950); водний дефіцит – за методикою Т. В. Паршикової (2010); водоутримувальну здатність – за методикою А. Арланда; активність каталази - за методиками О. А. Бойко (2013)

та Н. Н. Третьякова (1990); посухостійкість – методом крохмальної проби за Н. Н. Третьяковим (1990); фітомасу та вміст глюкози – за В. П. Кучерявим (2010).

Статистичну обробку даних проводили згідно із загальноприйнятими методиками, кореляційний та регресійний аналіз – з використанням прикладних програм Microsoft Excel 2010, Mathcad, Origin 8.

У третьому розділі запропоновано типологію сміттезвалищ, наведено класифікацію негативних впливів сміттезвалищ на довкілля, температурні режими, здійснено моделювання температурного поля та встановлено склад продуктів горіння сміття із різним морфологічним складом. Встановлено залежність потужності еквівалентної дози іонізуючого випромінювання від фітомеліоративного вкриття та вміст нітратів у рослинній продукції.

Відомі на сьогодні типології сміттезвалищ не охоплюють такі класифікаційні ознаки як ступінь природного заростання, видовий склад лісових культур для біологічного етапу рекультивації, напрям проведення фітомеліоративних робіт. Зате, деякі ознаки вже розроблених класифікацій сміттезвалищ можна використовувати для певних кліматичних зон та місцевостей.

У основу представленої типології сміттезвалищ покладено ієрархічний метод класифікації систем. В нашому випадку множиною об'єктів виступають сміттезвалища, а класифікаційними угрупованнями – ознаки їх поділу. Найвищий рівень класифікації передбачає 5 груп класифікації. Ці групи розподіляються за ознаками (всього 27), а ті у свою чергу на показники (110). Позначення типу сміттезвалища здійснюється літерою, а показника цифрою.

Генетична група ознак типології сміттезвалищ враховує особливості географічного розташування сміттезвалищ та адміністративний поділ і включає такі ознаки: географічна зона розташування сміттезвалища; адміністративне розташування сміттезвалища; віковий фактор; морфологічний склад сміттезвалищ; організація накопичення побутових відходів. Інженерно-геологічна група ознак типології сміттезвалищ включає геометричні параметри та геологічні умови функціонування сміттезвалищ. Класифікаційні ознаки, які входять в групу такі: ландшафт утворення; підстилаюча порода; форма; об'єм та площа; висота. Едафо-кліматопічна група ознак типології сміттезвалищ передбачає едафічні та кліматопічні фактори, які впливають на розвиток фітоценотичного вкриття: вміст гумусу в едафотобах, ступінь засолення едафотопів; вміст важких металів у едафотобах; активність мікроміцетів; забруднення радіонуклідами; вітрова ерозія; турбулентний обмін. Екологічна група ознак типології сміттезвалищ включає такі види: ступінь фітотоксичності, життєдіяльність безхребетних, вміст нітратів у рослинності, фізіологічна стійкість рослинності, види фітомеліоративного вкриття, ступінь фітомеліоративного вкриття, естетика. Ознаки даної групи характеризують сміттезвалища з точки зору можливості проведення природної та штучної фітомеліорації. Техногенна група ознак типології сміттезвалищ передбачає фактори, які спричинені функціонуванням сміттезвалищ та мають безпосередній вплив на довкілля. Ця група передбачає класифікацію сміттезвалищ за: пірогенним фактором; токсичністю продуктів горіння; виділенням фільтрату; виділенням біогазу; радіаційним фоном.

Розроблена типологія сміттєзвалищ дозволяє ефективно спроектувати комплекс організаційних та практичних заходів для виведення сміттєзвалищ із експлуатації шляхом фітомеліорації у залежності від їх класифікаційних ознак та регіональної приналежності.

Дослідження температурних режимів техногенних едафотопів, як одних із негативних факторів, у зоні впливу сміттєзвалищ передбачали два етапи: встановлення температурного режиму у зоні впливу сміттєзвалища та встановлення температурного режиму на бічних поверхнях і вершині сміттєзвалища. Температурний режим техногенних едафотопів у зоні впливу сміттєзвалищ знаходиться в межах $+10$ - $+15^{\circ}\text{C}$. Встановлено, що при наближенні до сміттєзвалища температура техногенного едафотопу на різній глибині зростає (рис. 1). На глибині 5 см температура збільшується біля підніжжя (фільтраційні озера) у порівнянні із фоновими значеннями на $+6^{\circ}\text{C}$ (із $+11^{\circ}\text{C}$ до $+17^{\circ}\text{C}$). На глибині 10 см температура біля підніжжя вища фонових значень на $+5^{\circ}\text{C}$ ($+10^{\circ}\text{C}$ за 500 м від сміттєзвалища і $+15^{\circ}\text{C}$ біля фільтраційних водойм). На глибині 20 см температура біля підніжжя вища фонових значень на $+4^{\circ}\text{C}$ ($+10^{\circ}\text{C}$ за 500 м від сміттєзвалища і $+14^{\circ}\text{C}$ біля фільтраційних водойм).

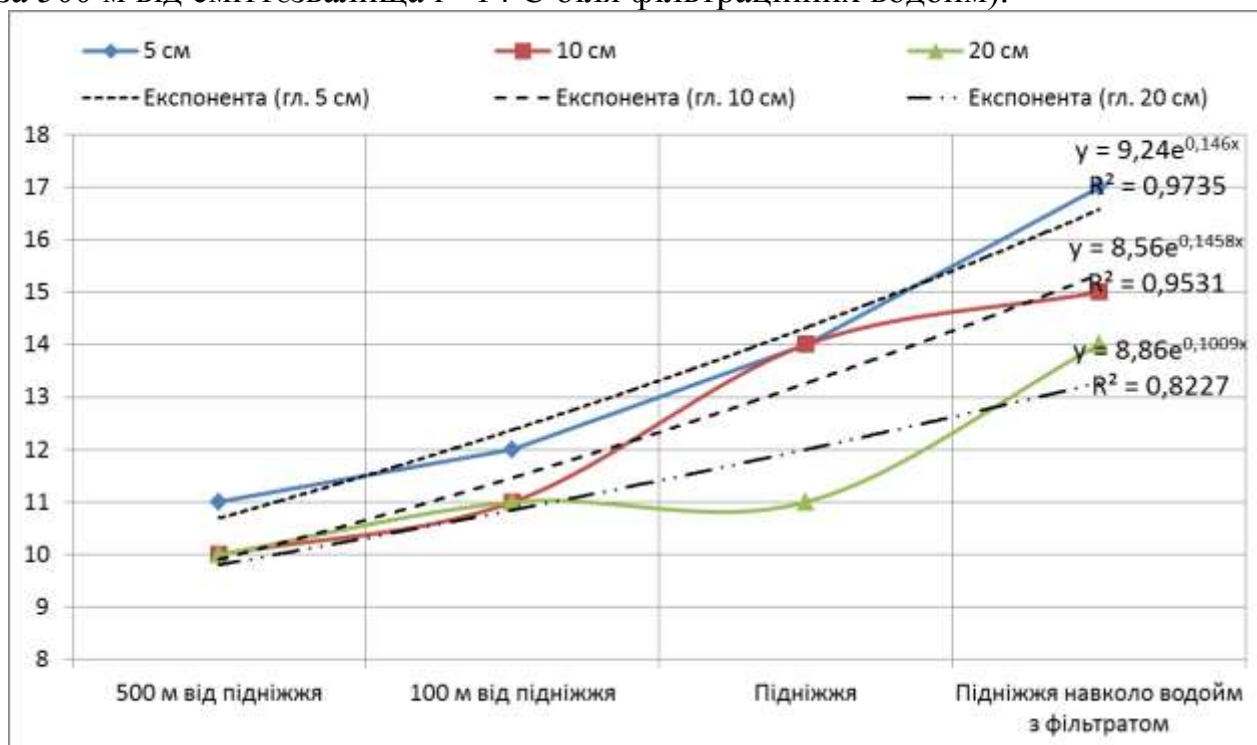


Рисунок 1 – Моделювання зміни температури із наближенням до сміттєзвалища на глибинах 5, 10, 20 см

На Львівському міському сміттєзвалищі виявлено 2 місця виходу продуктів горіння на поверхню. Температура на поверхні сміттєзвалища у місцях виходу газів становила $+39^{\circ}\text{C}$ та $+42^{\circ}\text{C}$. На віддалі 1 м від місць виходу продуктів горіння із тіла сміттєзвалища температура знизилася до $+37^{\circ}\text{C}$. Тут не виявлено рослинного вкриття. За 2 м від місць виходу продуктів горіння температура становила $+25^{\circ}\text{C}$. У місцях з підвищеним температурним режимом процес природного заростання сміттєзвалища ускладнюється внаслідок самозаймання та просідання твердих побутових відходів.

Причиною збільшення температури техногенного едафотопу при наближенні до сміттєзвалища є вплив тепла, яке надходить від процесів деструкції та подальшого горіння сміття. З метою вивчення впливу підвищеної температури на розвиток рослинності на сміттєзвалищах розроблена модель температурного поля від поверхні до джерела горіння. Розглядається сферична поверхня радіусом R при деякому заданому радіальному розподілі температури (рис. 2) у вигляді функції $f(r)$.

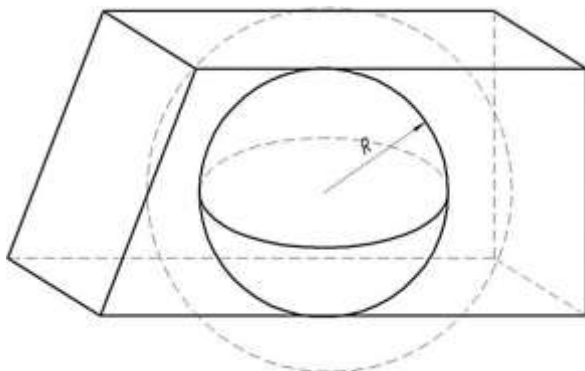


Рисунок 2 – Схематичне зображення джерела горіння сміттєзвалища

Приймається, що температура сфери залежить від радіуса і часу. В початковий момент часу температура в центрі сфери буде більшою за температуру на поверхні сміттєзвалища: $t_c < t(r, 0)$. Диференціальне рівняння теплопровідності буде мати вигляд:

$$\frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right); \quad (1)$$

Початкові та граничні умови можна записати у вигляді:

$$\tau > 0; 0 < r < R;$$

$$t(r, 0) = f(r); \quad (2)$$

$$\partial t(R, \tau) = t_c = const; \quad (3)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial r} = 0, \quad t(0, \tau) \neq \infty, \quad (4)$$

де $t(r, \tau)$ - температура в сфері, $^{\circ}\text{C}$; t_c - величина, на яку знизилася температура середовища в початковий момент часу, $^{\circ}\text{C}$.

Застосувавши до рівняння (1) і умов (2-4) перетворення Лапласа нами отримано рівняння:

$$T = \frac{t(r, \tau) - t_c}{t_0 - t_c} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \frac{R \cdot \sin(\mu_n \frac{r}{R})}{r \mu_n} \exp(-(\mu_n)^2 Fo); \quad (5)$$

де, μ_n - характеристичні числа, $\mu_n = n \cdot \pi$; $A_n = 2 \cdot (-1)^{n+1}$; $Fo = \frac{a\tau}{R^2}$ - критерій Фур'є; $a = \frac{\lambda}{c_v \cdot \rho}$ - коефіцієнт температуропровідності, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$; λ - коефіцієнт теплопровідності, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; c_v - питома ізохорна теплоємність, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; ρ - густина тіла,

$$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Підставивши вихідні дані – $\lambda=0,25$ Вт/(м·К); $\rho=400$ кг/м³; $c_v=2000$ Дж/(кг·К); $t_{нов}=+42^\circ\text{C}$ у рівняння (5) та використовуючи програмне забезпечення *Mathcad* і *Origin Lab* отримано графічні представлення розподілу температури у товщі сміттєзвалища (рис. 3).

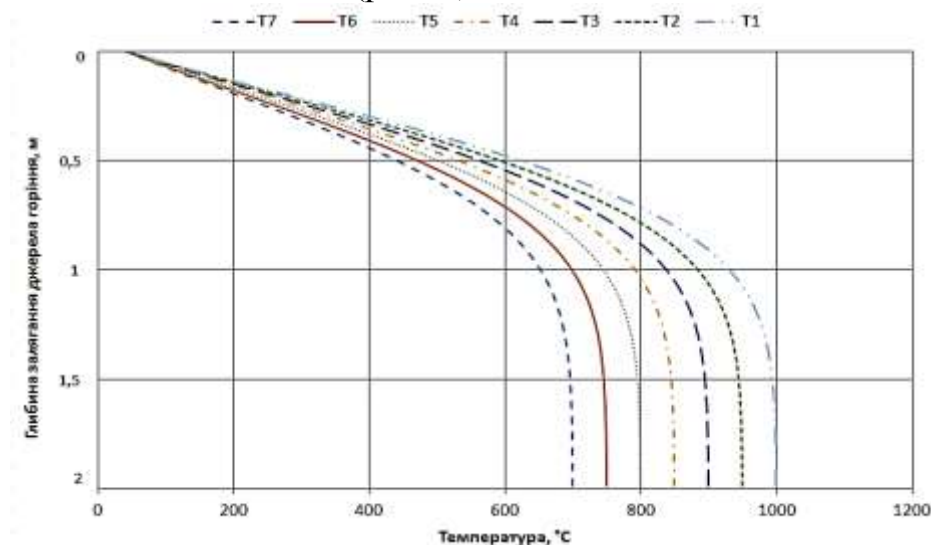


Рисунок 3 – Розподіл температури у товщі сміттєзвалища: T1 – при температурі джерела горіння $+1000^\circ\text{C}$; T2 – $+950^\circ\text{C}$; T3 – $+900^\circ\text{C}$; T4 – $+850^\circ\text{C}$; T5 – $+800^\circ\text{C}$; T6 – $+750^\circ\text{C}$; T7 – $+700^\circ\text{C}$

Нами досліджені діапазони температур джерела горіння ($+700^\circ\text{C}$ до $+1000^\circ\text{C}$) та глибина його утворення (1,5-2 м). Вивчення розподілу температури у товщі сміттєзвалища за умови різної температури джерела горіння є важливими з точки зору впливу тепла на розвиток рослинного покриву сміттєзвалища. Встановлено, що при температурі джерела горіння від $+700^\circ\text{C}$ до $+1000^\circ\text{C}$ на глибині 0,1 м сміттєзвалища, температура субстрату становить $+125^\circ\text{C}$ – $+175^\circ\text{C}$. Як наслідок, у радіусі 1 м навколо осередків горіння сміттєзвалищ розвиток рослинності не спостерігається. За 2 м та більше від осередків горіння рослинність представлена – *Chenopodium urbicum* L., *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia absinthium* L., *Plantago major* L., *Arctium lappa* L. Встановлено, що видове різноманіття навколо осередків горіння сміттєзвалищ є надзвичайно низьке (табл. 1).

Таблиця 1- Індекси різноманітності (D) досліджуваних майданчиків поблизу осередків горіння сміттєзвалищ

Досліджуваний майданчик, №							
1	2	3	4	5	6	7	8
D у радіусі 2 м від місць горіння				D у радіусі 3 м від місць горіння			
3,33	2,85	4,28	3,57	4,21	4,80	4,50	4,35

Встановлена нами залежність видового багатства (S) і чисельності окремих організмів (N) в угрупованнях графічно наведена на рис. 4 та описана рівнянням (6).

Кислотність та вологість субстрату на різній віддалі від осередків горіння змінюються. Зокрема, на віддалі 3 м реакція середовища переходить у слабо кислу. Вологість субстратів із глибиною зменшується, а з віддалю від осередків горіння збільшується (рис. 5). Субстрат навколо осередків горіння сміття характеризується низьким вмістом гумусу, кислою реакцією середовища, високою зв'язністю.

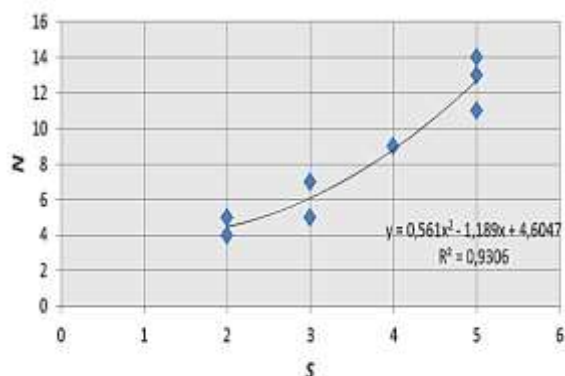


Рисунок 4 – Залежність кількості організмів від видового багатства в угрупованнях навколо осередків горіння відходів

$$N = 0,561S^2 - 1,189S + 4,6047.$$

(6)



Рисунок 5 – Значення вологості та кислотності субстрату навколо осередків горіння відходів

Виявлені колонії мікроміцетів у зоні горіння (*Penicillium ochro-chloron*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus oryzae*) є індикаторами забруднення важкими металами субстратів та викликають різноманітні захворювання у людей (рис. 6).



Aspergillus fumigatus

Aspergillus niger

Rhizopus oryzae

Penicillium ochro-chloron

Рисунок 6 – Найбільші колонії мікроміцетів у зоні горіння відходів

Aspergillus niger поширюється у субстратах, які забруднені вуглеводнями. *Penicillium ochro-chloron* – виявлений на ділянках, де надмірний вміст важких металів у субстратах. *Aspergillus fumigatus* розвивається у середовищах, де знижений вміст кисню (у т. ч. внаслідок горіння). *Rhizopus oryzae* – патогенний вид, який виявлений у відходах із вмістом продуктів харчування. Розвиток патогенних мікроміцетів свідчить про техногенно трансформоване середовище.

У результаті проведення дослідів для встановлення якісного та кількісного складу продуктів горіння, встановлено, що найнебезпечнішим для організму людини є горіння сміття із таким морфологічним складом: полімери (20%) + гума (19%) + текстиль (19%) + деревина (сосна звичайна) (19%) + стружка заліза (19%) + стружка алюмінію (1%) (зразок №4). При горінні цього сміття виділяється сірководень – 2 ppm або 0,0002%, вибухонебезпечні гази – 11%, концентрація чадного газу становить > 1000 ppm, кисню – 18,3% (мінімальна концентрація для життєдіяльності людського організму становить 20,9%). Якісний та кількісний склад продуктів горіння (усереднені показники)

наведено на рис. 7. Максимальна температура полум'я встановлена для зразка №3 (+434,8°C), хоча показники середньої температури найбільші для зразка №4 (+387,8°C). Значення температур для всіх зразків наведено на рис. 8.

Встановлено, що суміш органічних відходів у зразку №5 при горінні виділяє $\text{CO}=148$ ppm, а концентрація O_2 становить 19,9%. В загальному встановлено, що при горінні усіх сумішей сміття концентрація кисню знижується до показників 18,3-20,7%, а вміст CO зростає від 41 до > 1000 ppm.

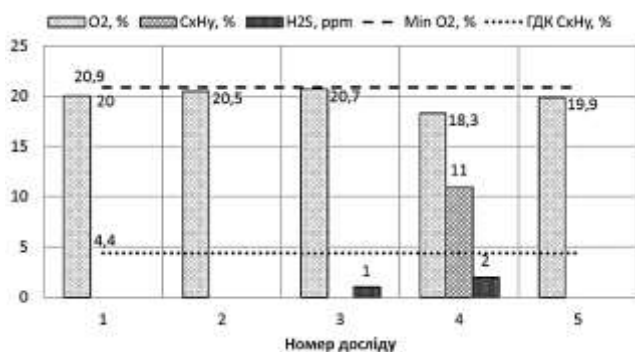


Рисунок 7 – Вміст кисню, сірководню та вибухонебезпечних газів (C_xH_y) у продуктах горіння сміття

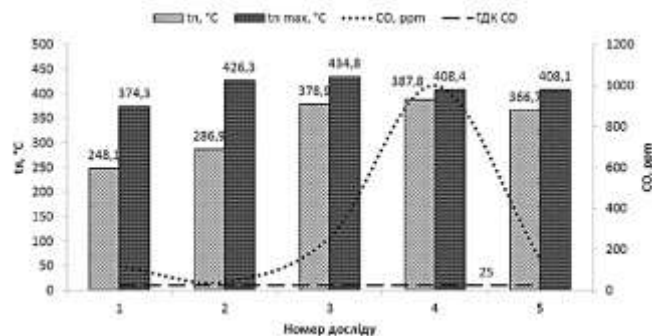


Рисунок 8 – Вміст чадного газу в продуктах горіння сміття та показники середніх і максимальних температур полум'я

Найбільше виділяється легких речовин із відходів: у зразку №1 – із полімерів (42,17%); у зразку №2 - із полімерів та текстилю (по 21,1%); у зразку №3 – із полімерів (47,2%); у зразку №4 - із полімерів (16,87%); у зразку №5 – із деревини (13,58%). Найменше: у зразку №1 – із паперу (37,97%); у зразку №2 - із картону (19%); у зразку №3 – із паперу (8,35%); у зразку №4 - із стружки заліза (0,01%); у зразку №5 – із кісток (8,1%).

Найбільша теплотворна здатність належить: у зразку №1 – полімерам (7243,2 кДж/кг); у зразку №2 – полімерам та текстилю (по 3621,6 кДж/кг); у зразку №3 – полімерам (8112,3 кДж/кг); у зразку №4 – гумі (4510,4 кДж/кг); у зразку №5 – кісткам (3868,6 кДж/кг). Найменші значення теплотворної здатності виявлені при горінні такого сміття: у зразку №1 – паперу (7096,6 кДж/кг); у зразку №2 – рослинних решток (51,3 кДж/кг); у зразку №3 – стружки алюмінію (10,3 кДж/кг); у зразку №4 – стружки алюмінію (2,0 кДж/кг); у зразку №5 – рослинних решток (1934,3 кДж/кг).

При вимірюванні потужності еквівалентної дози (ПЕД) (^{137}Cs) встановлено, що на різних рівнях експозицій схилів її значення перевищують максимально допустимі рівні у північній частині (вершина та середня експозиція схилу), південній (вершина) та поблизу озер-відстійників із гудронами (вершина). Найбільші показники потоку β -променів зафіксовано на вершині східної (0,01 частинок/($\text{cm}^2 \cdot \text{хв}$), південної та північної експозицій (0,02 частинок/($\text{cm}^2 \cdot \text{хв}$), що на порядок більше фонових значень. При збільшенні ПЕД щільність потоку β -променів зменшується (рис. 9). Досліджувані показники перевищують фонові значення на всіх ділянках.



Рисунок 9 – Значення ПЕД та β -променів на досліджуваних ділянках: 1 – Автомагістраль Львів - Жовква; 2 – 500 м від полігону; 3 – 500 м від полігону (водоймище); 4 – 400 м; 5 – 300 м; 6 – 200 м; 7 – 100 м; 8 – підніжжя полігону (озеро фільтрату); 9 – підніжжя полігону

ПЕД іонізуючого випромінювання та щільність потоку β -променів на досліджуваних ділянках сміттєзвалищ залежать від рослинного покриття. Спостерігається тенденція до зменшення іонізуючого випромінювання на ділянках із більшим відсотком проективного вкриття (рис. 10-11). Дендрофлора, внаслідок слабого розвитку, не відіграє відчутної ролі в зниженні радіаційного пресингу на довкілля.

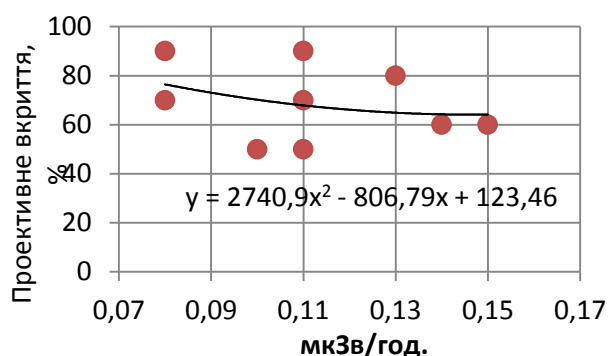


Рисунок 10 – Залежність ПЕД від проективного вкриття на різних відстанях від сміттєзвалища

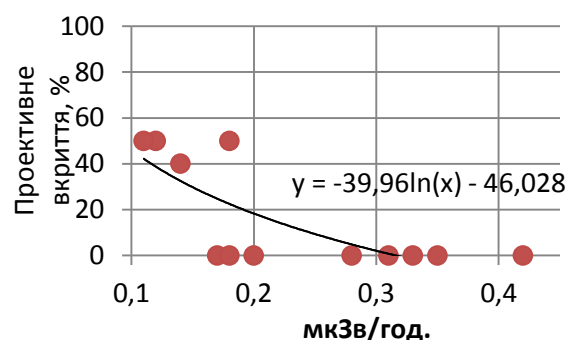


Рисунок 11 – Залежність ПЕД від проективного вкриття на поверхні сміттєзвалища

У більшості досліджуваних рослин вміст нітратів перевищує ГДК. Встановлено, що найбільше нітратів поглинули: *Solanum lycopersicum* L. (207 мг/кг); *Cucurbita pepo* L. (127 мг/кг); *Crataegus monogyna* Jacq. (94 мг/кг); *Prunus radus* L. (112 мг/кг). Встановлено, що найбільше нітратів накопичує насіння. Наприклад у *Malus domestica* Borkh. вміст нітратів у насінні перевищує ГДК (60-66 мг/кг). Зате, у зовнішньому шарі стінок плодів різних діаметрів вміст нітратів мінімальний (рис. 12). Найбільше накопичення нітратів спостерігається у плодів більшого діаметру. Плоди *Solanum lycopersicum* L. діаметрами 18-38 мм не мають тенденції щодо накопичення нітратів. Проте, плоди діаметром 52 мм накопичують нітрати у 1,5 рази більше за ГДК (197-224 мг/кг) (рис. 13). Споживати рослини, які набули розвитку на сміттєзвалищах та у зонах їх впливу не рекомендується у зв'язку із підвищеним вмістом нітратів, токсична дія яких може негативно вплинути на організм людини.

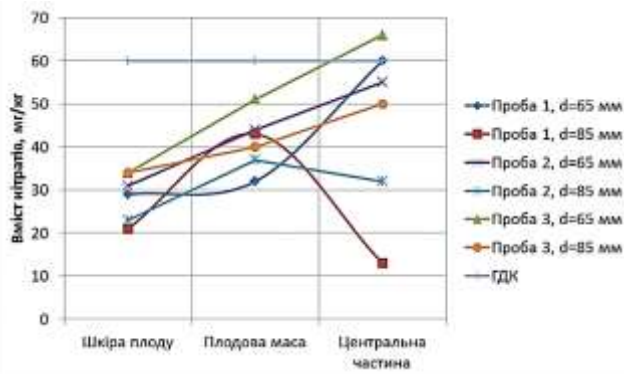


Рисунок 12 – Динаміка накопичення нітратів різними частинами плоду *Malus domestica* Borkh.

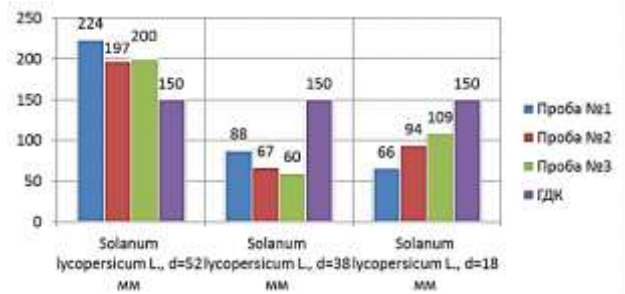


Рисунок 13 – Накопичення нітратів у залежності від розмірів плоду *Solanum lycopersicum* L.

Спостерігається, що основним джерелом накопичення нітратів у рослинності є фільтраційні стоки із тіла сміттєзвалища.

Для встановлення найбільш екологічно безпечного, з точки зору поводження із фільтратом, сміттєзвалища розраховано інтегральний коефіцієнт безпеки кожного з них. Індекси значимості та пріоритетів (d) нами встановлювались для кожного окремого показника, який характеризував певний недолік поводження із фільтратом окремого сміттєзвалища. Максимальні значення індексу значимості (1) відповідали найбільш значущим показникам, які істотно впливають на екологічний та техногенний стан довкілля. Мінімальні значення (0,2) встановлювалися для тих показників, які мають мінімальний вплив на техногенний стан довкілля.

Таблиця 2 - Індекси значимості та недоліки поводження із фільтратами

Сміттєзвалище, індекс значимості та пріоритетів	Наявність водозбірних ставків із фільтратом	Відсутність зсувів дамб	Організоване відведення фільтрату	Наявність дренажних систем згідно вимог	Наявність споруд знешкодження та утилізації фільтрату	Наявність геохімічних бар'єрів	Відсутність явища проникнення фільтрату на землі с/г призначення	Відсутність неприємного запаху фільтрату	Наявність систем моніторингу за рівнем фільтрату	Виконання вимог нормативних документів	
	d	0,8	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	0,2	0,6	1,0
Львівське	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Тернопільське	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Луцьке	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Червоноградське	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сокальське	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рава-Руське	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Магерівське	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Тисменицьке	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-

Найнижчий інтегральний коефіцієнт екологічної безпеки (0,2) притаманний сміттєзвалищам у яких відсутні озера-накопичувачі фільтратів, дренажні системи, а фільтрат напряму потрапляє у довкола розташовані сільськогосподарські угіддя (Луцьке, Тернопільське, Магерівське, Рава-Руське звалища).

У четвертому розділі досліджено техногенні едафотопи сміттєзвалищ та їх вплив на природні фітомеліоративні процеси, біоіндикацію едафічних умов сміттєзвалищ за допомогою вивчення життєдіяльності дощових черв'яків, тесту на крес-салат, розвитку макроміцетів, особливості формування кліматопів.

При дослідженнях глибокого торфовища (грунтовий розріз №1), яке знаходиться в зоні впливу Львівського сміттєзвалища, виявлено, що у поверхневому шарі T_1 вміст важких металів значно перевищує показники в генетичному горизонті T_2 . Розподіл вмісту рухомих форм важких металів за профілем досліджуваних ґрунтів проявляється в поступовому зменшенні їх з глибиною. Торфовище має значний запас азотних (56,05 мг/100 г) та калійних (58,5 мг/100 г) поживних речовин та низький вміст гумусу (2,06%). Тут виявлено 10 видів мікроміцетів. Серед них представники родин: *Mucoraceae*; *Moniliaceae*; *Tuberculariaceae*. Аналіз мікроміцетів торфовища за швидкістю росту показав, що повільно зростаючим мікроміцетам належить найбільша частка – 70%, відповідно швидко зростаючим – 30%. Розподіл за забарвленням показав, що переважають темnobарвні мікроміцети родини *Moniliaceae* (80%), які характеризуються токсичністю. Такі показники життєвості мікроміцетів свідчать про значне забруднення горизонтів розрізу важкими металами.

При описі ґрунтового розрізу №2 (сільгоспугіддя на захід від Львівського сміттєзвалища) виявлено генетичні горизонти $H(gl)$ та $P(h)(gl)$. На глибині 30 см та більше концентрація елементів зменшується у 10 разів. Рухомі форми таких полютантів як Co , Cd , Hg накопичуються, здебільшого, у горизонті $P(h)(gl)$. Мінеральний склад генетичних горизонтів ґрунтового розрізу №2 мають високі показники за винятком гумусу, вміст якого складає 1,53-1,7 %. За цим показником ґрунт відноситься до низькогумусного, що є недоліком для розвитку рослинності у зоні впливу сміттєзвалища. Вміст NO_3 у горизонті складає 20,6-30,5 мг/100 г ґрунту, P_2O_5 – 9,92-11,51 мг/100 г ґрунту, K_2O – 55,8-56 мг/100 г ґрунту. У горизонті $H(gl)$ розвиваються мікроміцети родин *Mucoraceae*, *Moniliaceae*. Горизонт $P(h)(gl)$ населяють *Moniliaceae*, *Tuberculariaceae*, *Dematiaceae*. Аналіз мікроміцетів за забарвленням та швидкістю росту показав, що у межах цього генетичного горизонту розвиваються темnobарвні мікроміцети (78%) та повільно зростаючі (89%).

Ґрунтовий розріз №3 закладений за 100 м на схід від підніжжя Львівського сміттєзвалища та перпендикулярно 70 м до дороги, яка веде до нього. Виявлено такі генетичні горизонти як $H(o)$, H , $H(p)(gl)$, $P(h)(gl)$. Вміст рухомих форм Mn та Cu збільшується із глибиною (від 29,4 мг/кг до 39,7 для Mn та від 0,57 мг/кг до 0,93 мг/кг для Cu). Вміст Zn у генетичних горизонтах становить 1,6-3,9 мг/кг. Вміст Pb у генетичних горизонтах перевищує ГДК у 1,5 рази та збільшується концентрація із глибиною починаючи із рівня 23 см (рис. 14). Концентрації рухомих форм Co , Cd , Hg збільшуються із глибиною (рис. 15). Накопичення важких металів у генетичному горизонті $P(h)(gl)$ свідчить про вимивання їх до

материнської породи. Вміст гумусу у горизонтах зменшується із глибиною та становить всього 0,5-0,71%. Також спостерігається низький вміст P_2O_5 – 0,95-3,84 мг/100 г ґрунту та зменшення концентрації з глибиною.

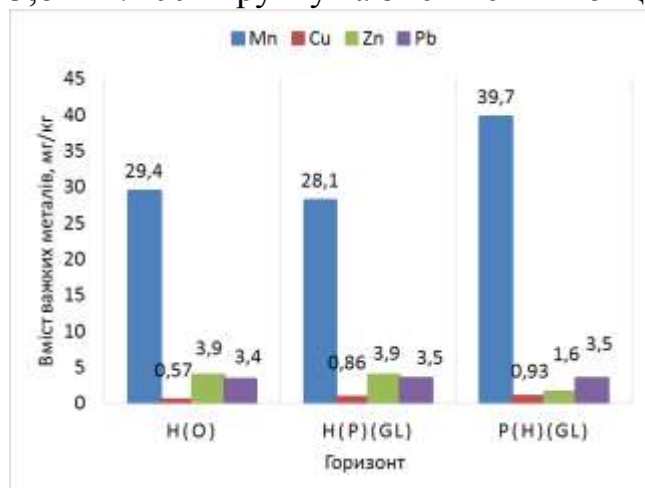


Рисунок 14 – Вміст мангану, міді, цинку та свинцю у горизонтах розрізу 3

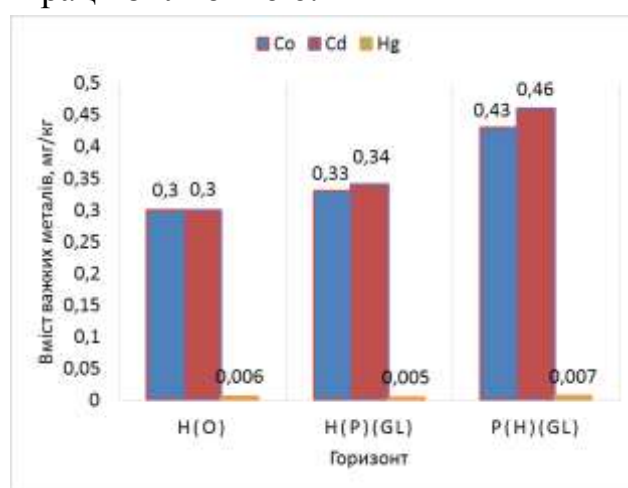


Рисунок 15 – Вміст кобальту, кадмію та ртуті у горизонтах розрізу 3

Найбільш збіднений видовий склад мікроміцетів у розрізі №3. Всього виявлено 10 видів, які належать до 3-х родин класу *Hyphomycetes* (*Deuteromycetes*). На глибині 43 см і нижче спостерігається життєдіяльність лише одного виду – *Mycelia st. dark*. Аналіз мікроміцетів за забарвленням та швидкістю росту ґрунтового розрізу №3 показав, що найбільше розвиваються темнобарвні мікроміцети (60%) та повільно зростаючі (100%). Відсутність жодного виду швидко зростаючих мікроміцетів свідчить про сильне забруднення горизонтів небезпечними речовинами та сполуками.

Встановлено, що найбільша активність мікроміцетів притаманна середнім сміттєзвалищам. Наприклад, на Червоноградському сміттєзвалищі виявлено 26 життєздатних колоній мікроміцетів, які належать до 2-х класів та 4-х родин; на Сокальському та Рава-Руському – по 35 життєздатних колоній, які відносяться до 2-х класів та 4-х родин. Низька активність мікроміцетів малих сміттєзвалищ пояснюється початковими ґрунтоутворювальними процесами внаслідок малого терміну їх функціонування (на Лавриківському сміттєзвалищі виявлено 5 життєздатних колоній мікроміцетів, які належать до 2-х класів та 2-х родин; на Верещицькому сміттєзвалищі виявлено 10 життєздатних колоній мікроміцетів, які належать до 1-го класу та 2-х родин).

Біоіндикація техногенних едафотопів сміттєзвалищ за допомогою життєдіяльності дощових черв'яків дала змогу встановити найменш забруднені ділянки сміттєзвалищ (північна експозиція схилів). Розміри (3-5 см) та діаметри особин (2 мм) дощових черв'яків вказують на те, що у поверхневому шарі починають розвиваються молоді особини. Це явище сприяє гумусованості генетичних горизонтів та розвитку рослинності.

Біотестування техногенних едафотопів сміттєзвалищ на фітотоксичність здійснювали за допомогою методу проростання крес-салату. Встановлено, що при підвищенні концентрації небезпечних речовин у техногенних едафотопіях сповільнюється проростання насіння і знижується їх розвиток. Незважаючи на показники росту та розвитку крес-салату на 3-й та 6-й дні досліду,

визначальними показниками є дані на 10-й день проведення дослідження. Найкращими показниками росту характеризуються проби №№ 6, 10, 11, 13, 15 (8-9 пророслих особин).

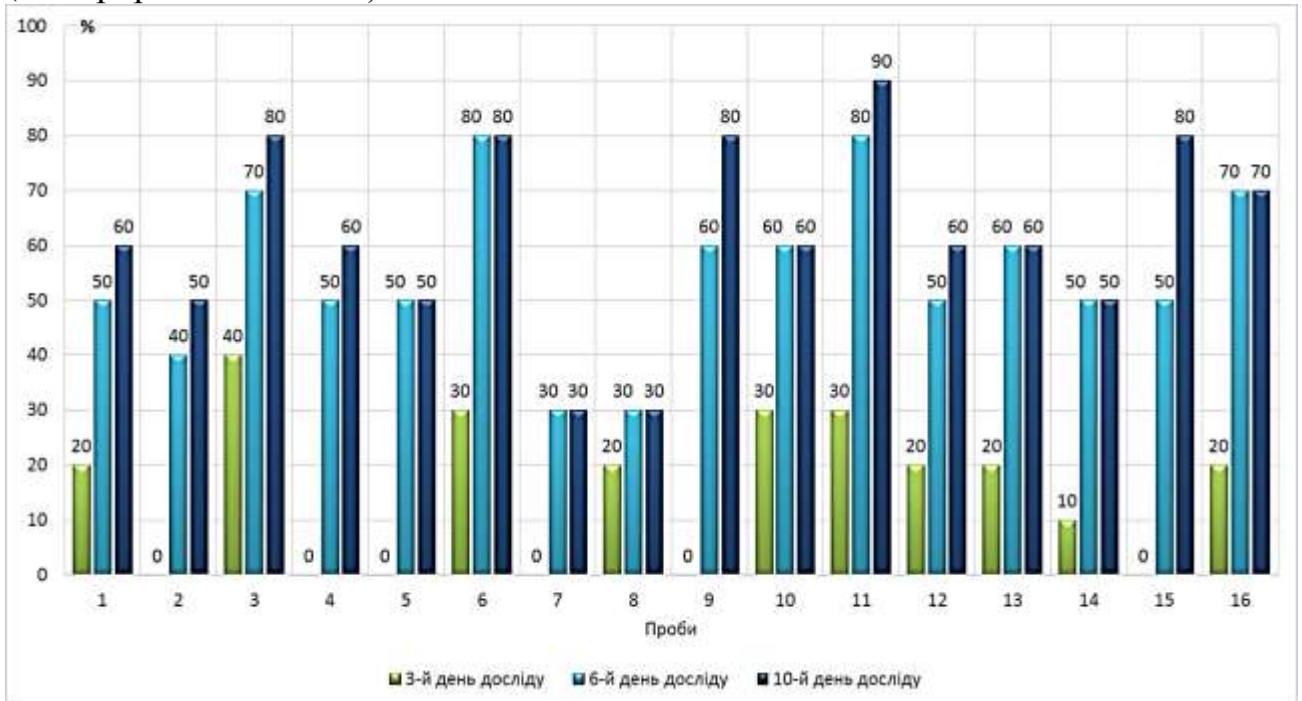


Рисунок 16 – Розвиток крес-салату на відібраних пробах з ділянок сміттєзвалищ, %

Встановлено, що найбільш техногенно забрудненими ділянками сміттєзвалищ є підніжжя сміттєзвалища на березі водойм з фільтратом, за 20 м на захід від поверхні, за 100 м на схід від підніжжя (табл. 3).

Таблиця 3 - Рівні забруднення едафотопів сміттєзвалищ за даними тесту на крес-салат

№ проби	Місцезнаходження	Рівень забруднення
1.	поверхня сміттєзвалища, природний неорельєф	слабке
2.	за 20 м на захід від поверхні	середнє
3.	за 20 м на захід від поверхні	слабке
4.	середня частина північної експозиції схилу	слабке
5.	середня частина північної експозиції схилу	середнє
6.	підніжжя сміттєзвалища, зарощена ділянка	слабке
7.	за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	середнє
8.	за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	середнє
9.	за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	слабке
10.	за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	слабке
11.	поверхня сміттєзвалища, насипна ґрунтосуміш	відсутнє
12.	за 20 м на захід від поверхні, під наметом	слабке
13.	середня частина північної експозиції схилу	слабке
14.	підніжжя, на березі водойми із фільтратом	середнє
15.	за 300 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	слабке
16.	дендрарій НЛТУ у м. Львів, вул. О. Кобилянської	слабке

Як потенційних біоіндикаторів стану техногенного едафотопу сміттєзвалищ можна вважати макроміцети. Розподіл макроміцетів сміттєзвалища за екологічними групами показав, що найбільшого розвитку набувають гумусові (33%) та підстилкові сапротрофи (33%), значно меншого –

карботрофи (17%) і копротрофи (17%) (рис. 17). За родинним спектром – переважають *Russulaceae* (33%), решта – *Corpinaceae*, *Hygrophoraceae*, *Strophariaceae*, *Tricholomataceae* представлені рівними частками (по 17%) (рис. 18). Поширення макроміцетів – низьке (табл. 4).



Рисунок 17 – Розподіл макроміцетів сміттєзвалищ за екологічними групами

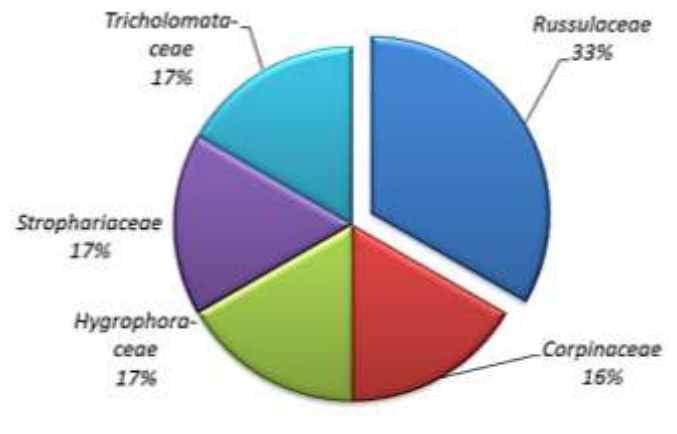


Рисунок 18 – Розподіл макроміцетів сміттєзвалищ за родинним спектром

Таблиця 4 - Поширення макроміцетів сміттєзвалищ за різними шкалами (роки створення методики)

Вид	Поширення				
	Drude (1913)	Haas (1932)	Darimont (1973)	Winterhoff (1975)	Stephenson, Ash, Stauffer (1993)
<i>Lacrymaria velutina</i>	<i>Copiosae 2</i>	4	CC	4	Розповсюджені
<i>Russula foetens</i>	<i>Solitariae</i>	+	RR	+	Рідкісні
<i>Lactarius trivialis</i>	<i>Solitariae</i>	+	RR	+	Рідкісні
<i>Hygrophorus eburneus</i>	<i>Solitariae</i>	+	RR	+	Рідкісні
<i>Pholiota carbonaria</i>	<i>Sparsae</i>	2	AR-AC	1	Звичайні
<i>Tricholoma sejunctum</i>	<i>Sparsae</i>	1	R	1	Звичайні

Найбільші популяції грибів спостерігаються навколо техногенних озер (гудронові та фільтраційні). За умовами поширення виявлені види відповідають, переважно, північній помірній зоні. Вивчення умов та параметрів поширення макроміцетів на сміттєзвалищах є важливими з точки зору перетворення азотовмісних сполук гумусу в форму, яка засвоюється рослинністю.

Дослідження кліматопічних особливостей сміттєзвалищ дали змогу встановити, що вагомим чинником, який впливає на фітомеліорацію, є турбулентність повітряних мас. Коефіцієнт турбулентності розраховувався за залежністю З. А. Міщенко, Г. В. Ляшенка (2007).

В результаті розрахунку коефіцієнта турбулентності встановлено, що найбільші його показники властиві ділянкам, де відсутня деревно-чагарникова рослинність. Такими ділянками є: підніжжя сміттєзвалища поблизу водойм із фільтратом (коефіцієнт турбулентності $K_T=1$); вершина із південного боку біля дамби водойми із накопиченим гудроном ($K_T=0,52$); вершина із західного боку біля дороги, яка веде на сміттєзвалище ($K_T=0,39$) (рис. 19). Між коефіцієнтами

турбулентності та чисельністю дерев на ділянках виміру відсутня кореляція (-0,2).



Рисунок 19 – Коефіцієнти турбулентності повітряних мас поверхні сміттєзвалища

При вимірюванні вологості техногенних едафтопів сміттєзвалищ встановлено, що вплив на її показники має швидкість вітру на висоті 0,2 м і 1,3 м. Тобто зі збільшенням швидкості вітру приземного шару едафтоп ксерофілізується спричиняючи відмирання рослинності.

У п'ятому розділі наведено результати досліджень екологічних сукцесій фітоценозів у процесі формування фітомеліоративного покриву. Встановлено, що рудеральні види, які на початковій стадії сукцесії поселяються на поверхні сміттєзвалища, замінюється на більш стійкі багаторічники (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Eutrigia repens* L., *Humulus lupulus* L.). Початкова ендекогенетична сукцесія на сміттєзвалищах притаманна вершині (фрагментами), західній експозиції схилу, у пониженнях рельєфу, на місцях зсувів відходів. Зріла ендекогенетична сукцесія виникає після 10-12 років та супроводжується розвитком багаторічних трав, дерев (*Betula pendula* Roth) та чагарників (*Hippophae rhamnoides* L.) (табл. 5).

Таблиця 5 - Сукцесії рослинного покриву Львівського сміттєзвалища

Сингенетична сукцесія	Початкова ендекогенетична сукцесія	Зріла ендекогенетична сукцесія
Проективне вкриття 15-25%	Проективне вкриття 35-55%	Проективне вкриття 65-85%
<i>Chenopodium urbicum</i> L. <i>Plantago major</i> L. <i>Arctium lappa</i> L. <i>Artemisia vulgaris</i> L. <i>Artemisia absinthium</i> L.	<i>Chenopodium urbicum</i> L.+ <i>Plantago major</i> L.+ <i>Arctium lappa</i> L.+ <i>Artemisia vulgaris</i> L.+ <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.+ <i>Eutrigia repens</i> L.+ <i>Humulus lupulus</i> L.	<i>Chenopodium urbicum</i> L.+ <i>Plantago major</i> L.+ <i>Artemisia vulgaris</i> L.+ <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.+ <i>Eutrigia repens</i> L.+ <i>Humulus lupulus</i> L.+ <i>Hippophae rhamnoides</i> L.+ <i>Betula pendula</i> Roth.

Максимальна фітомаса характерна для пологих схилів з відносно стабільним зволоженням, розвиненим ґрунтом, що дає підстави віднести

рослинні угруповання до стадії ендеогенезу за умов відсутності процесів відсіпання сміття.

З метою вивчення подібності флор досліджуваних сміттєзвалищ розраховані коефіцієнти флористичної подібності Жаккара, які враховували видовий склад окремого звалища (табл. 6).

Таблиця 6 - Коефіцієнти флористичної подібності Жаккара сміттєзвалищ Західного Лісостепу

K_j	Львівське	Тернопільське	Луцьке	Червоноградське	Сокальське	Рава-Руське	Магерівське	Тисменицьке	Лавриківське	Верещицьке
Львівське		0,35	0,29	0,22	0,29	0,34	0,30	0,25	0,14	0,28
Тернопільське			0,30	0,21	0,30	0,42	0,27	0,40	0,20	0,40
Луцьке				0,22	0,27	0,33	0,38	0,36	0,11	0,25
Червоноградське					0,29	0,31	0,31	0,21	0,05	0,35
Сокальське						0,34	0,47	0,45	0,20	0,38
Рава-Руське							0,41	0,28	0,17	0,40
Магерівське								0,39	0,17	0,33
Тисменицьке									0,13	0,36
Лавриківське										0,16
Верещицьке										

Таксономічна структури флори сміттєзвалищ Західного Лісостепу представлена 4-ма відділами та 5-ма класами. Відділи Папоротеподібні (*Polypodiophyta*) та Мохоподібні (*Bryophyta*) представлені 1-м видом, відділ Голонасінні (*Pinophyta*) – 2-ма видами (табл. 7). Серед родин за видовим різноманіттям переважають *Asteraceae* (10 видів), *Rosaceae* (7 видів), *Betulaceae* (4 види), *Salicaceae* (4 види). Родини *Fabaceae*, *Apiaceae*, *Plantaginaceae*, *Oleaceae*, *Sapindaceae*, *Poaceae*, *Pinaceae* представлені 2-ма видами. По 1-му виду представлені родини *Fagaceae*, *Juglandaceae*, *Cannabaceae*, *Urticaceae*, *Elaeagnaceae*, *Cornaceae*, *Adoxaceae*, *Amaranthaceae*, *Polygonaceae*, *Brassicaceae*, *Cyperaceae*, *Asparagaceae*, *Equisetaceae*, *Polytrichaceae*.

Таблиця 7 - Таксономічна структури флори сміттєзвалищ Західного Лісостепу

Відділ	Класи	Порядки		Родини		Роди		Види	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>Magnoliophyta</i>	<i>Magnoliopsida</i>	12	70	19	76	39	85	45	85
	<i>Liliopsida</i>	2	12	3	12	4	9	4	7
<i>Pinophyta</i>	<i>Pinopsida</i>	1	6	1	4	1	2	2	4
<i>Polypodiophyta</i>	<i>Equisetopsida</i>	1	6	1	4	1	2	1	2
<i>Bryophyta</i>	<i>Polytrichopsida</i>	1	6	1	4	1	2	1	2
Всього	5	17	100	25	100	46	100	53	100

З метою вивчення умов місцезростань нами здійснений розподіл рослинності сміттєзвалищ на екологічні групи. Розподіл за зволоженням субстрату показав, що на сміттєзвалищах розвиваються представники

рослинності усіх груп гігроморфи. Незначне розповсюдження ксерофітів (великі сміттезвалища – 13%, середні – 14%, малі – 0%) свідчить про сприятливий вологісний режим едафотопів сміттезвалищ. Розподіл за трофоморфою показав, що рослини, які потребують багатих на поживні речовини субстратів поширені, здебільшого, на малих сміттезвалищах (60%). Така ситуація пов'язана із тим, що на малих сміттезвалищах вміст гумусу та поживних речовин у субстратах є дещо вищим за інші звалища. Оліготрофи розвиваються на всіх типах сміттезвалищ, але найбільша їх кількість зосереджена на середніх звалищах (62%). Також тут найвища частка мезотрофів – 38%, а мегатрофів не виявлено взагалі. Висока кислотність едафотопів сміттезвалищ спричинила розвиток та домінування ацидофілів на усіх типах звалищ (на великих – 41%, середніх – 39%, малих – 40%). Кальцієфіли на сміттезвалищах розвиваються на північних та західних експозиціях схилів (на великих – 36%, середніх – 23%, малих – 40%). Низький рівень поширення солевитривалих видів свідчить про значне засолення едафотопів сміттезвалищ (на великих – 17%, середніх – 23%, малих – 20%). Засолення едафотопів на сміттезвалищах відбувається хлоридами та сульфатами. Найбільш солевитривалі види виявлені лише на великих сміттезвалищах, проте їх частка є дуже малою (5%). За газостійкістю переважаючими є стійкі види та порівняно стійкі, особливо це проявляється на великих і середніх сміттезвалищах, де присутні осередки горіння. На великих сміттезвалищах частка стійких видів становить 38%, порівняно стійких – 19%. На середніх сміттезвалищах частка стійких видів становить 36%, порівняно стійких – 36%. На малих сміттезвалищах частка стійких видів становить 20%, порівняно стійких – 20%. Найбільші частки нестійких та слабостійких видів зосереджені на малих сміттезвалищах (40% і 20% відповідно). Розподіл рослинності сміттезвалищ за відношенням до освітлюваності показав, що на усіх типах сміттезвалищ переважають геліофіти (на великих – 50%, середніх – 67%, малих – 60%). Це свідчить про позитивний світловий режим для розвитку рослинності усіх ділянок досліджуваних сміттезвалищ.

Для підтвердження необхідності штучного залісення лісовими культурами сміттезвалищ розраховано фітомеліоративну ефективність рослинного покриву різних ділянок Львівського сміттезвалища і порівняно її значення з фітомеліоративною ефективністю лісових фітоценозів (В. П. Кучерявий, 2003).

На північній експозиції схилів, біля водойм із фільтратом, на відстані 50 м на захід та 100 м і 500 м на схід від підніжжя розвивається пратоценоз, фрутоценоз, сільваценоз одноярусний, рудероценоз. Тоді, розрахунок коефіцієнту фітомеліоративної ефективності для цих ділянок набуде вигляду:

$$K_{FM} = \frac{(S_p \cdot b + S_f \cdot b + S_{sv1} \cdot b + S_r \cdot b)}{S}, \quad (7)$$

де, S - площа зайнята: p - пратоценозом; f - фрутоценозом; $sv3$ - сільваценозом триярусним; $sv1$ - сільваценозом одноярусним; r - рудероценозом; b - кількість балів, які здобув ценоз; S - загальна площа.

На дамбах озер з кислим гудроном, які знаходяться південніше звалища, розвивається пратоценоз, фрутоценоз, сільваценоз одноярусний, сільваценоз триярусний, рудероценоз. Формула для розрахунку набуває вигляду:

$$K_{FM} = \frac{(S_p \cdot b + S_f \cdot b + S_{sv1} \cdot b + S_{sv3} \cdot b + S_r \cdot b)}{S} \quad (8)$$

Вершині звалища (західна експозиція) притаманні такі ценози: пратоценоз, фрутоценоз, рудероценоз. Формула для розрахунку становить:

$$K_{FM} = \frac{(S_p \cdot b + S_f \cdot b + S_r \cdot b)}{S} \quad (9)$$

Середні експозиції південного та східного схилів заростають пратоценозом, рудероценозом. Формула для розрахунку:

$$K_{FM} = \frac{(S_p \cdot b + S_r \cdot b)}{S} \quad (10)$$

В результаті вивчення фітомеліоративної ефективності рослинності сміттєзвалищ визначено, що на їх поверхні переважає низькоросла рослинність, про що свідчить низький коефіцієнт фітомеліоративної ефективності $K_{FM} = 0,1$. На дамбах техногенних водойм у зоні впливу звалищ коефіцієнт фітомеліоративної ефективності ($K_{FM}=6,6-11,7$) більш наближений до коефіцієнта осикової посадки ($K_{FM} = 7,1$), що свідчить про можливий розвиток дендрофлори (рис. 20).

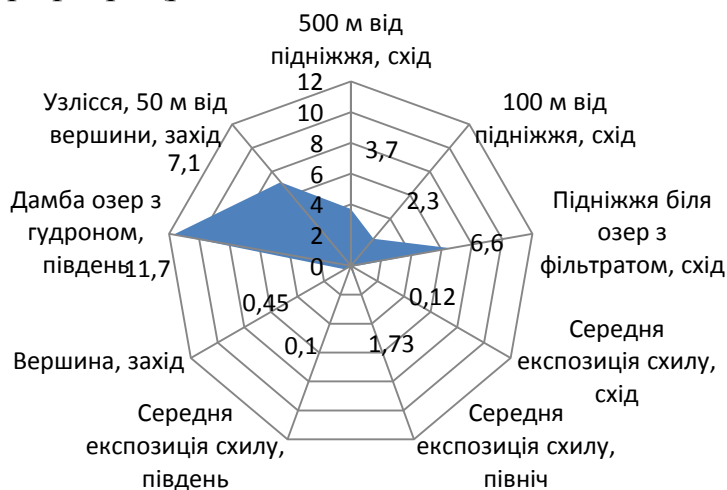


Рисунок 20 – Діаграма зі значеннями розрахованих коефіцієнтів фітомеліоративної ефективності звалища

Поверхня сміттєзвалищ придатна для проведення біологічного етапу рекультивацийних і фітомеліоративних робіт з метою зниження згубного впливу на довкілля за умов дотримання вимог складування та проведення підготовчого та технічного етапів рекультивациі.

У шостому розділі представлені результати досліджень фізіологічної стійкості рудеральної рослинності сміттєзвалищ. Встановлено, що найбільш засоленими хлоридами та сульфатами є едафотопи Львівського, Рава-Руського, Червоноградського та Сокальського сміттєзвалищ (рис. 21). Найбільш «безпечними» з точки зору засоленості субстратів є сміттєзвалища малих населених пунктів – с. Верещиці та с. Лавриків (вміст хлоридів і сульфатів не перевищує 0,01%). Загалом спостерігається наступна закономірність – при надлишку хлоридів у субстратах сміттєзвалищ, вміст сульфатів зменшується та навпаки. Про це свідчить середній негативний коефіцієнт кореляції (-0,5).

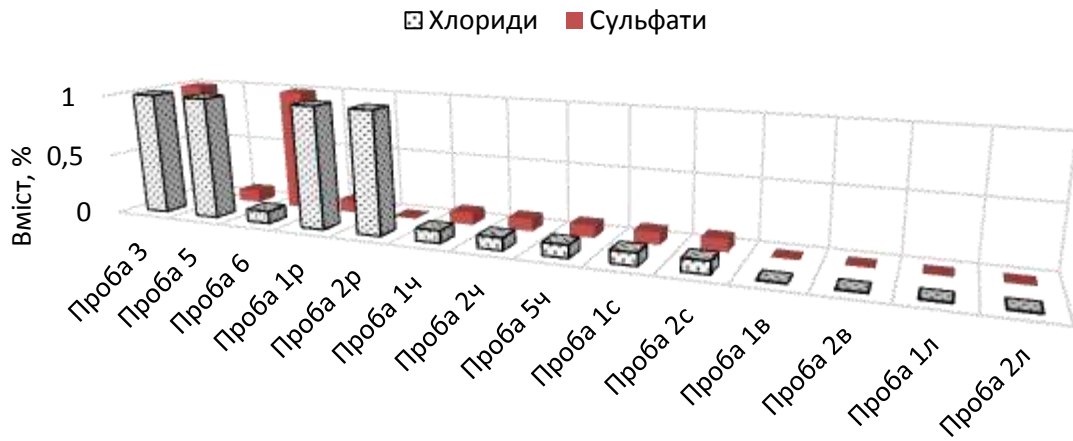
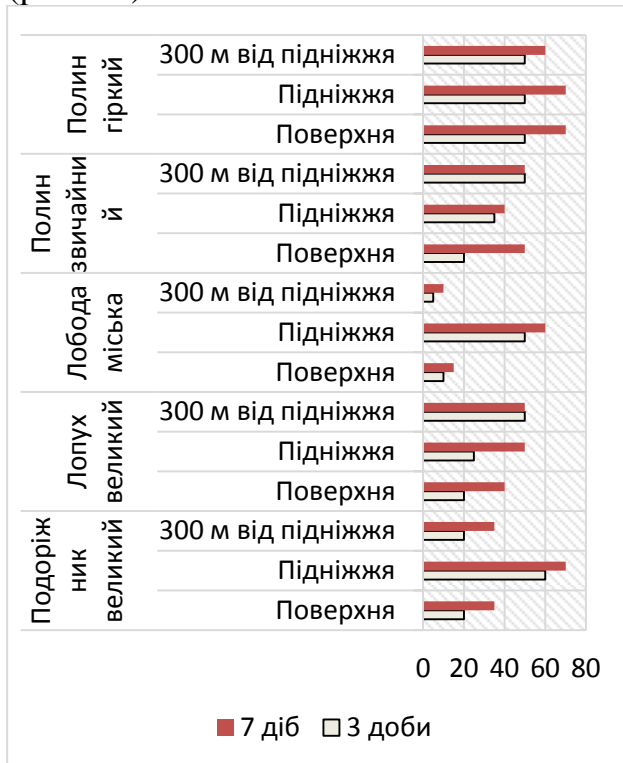
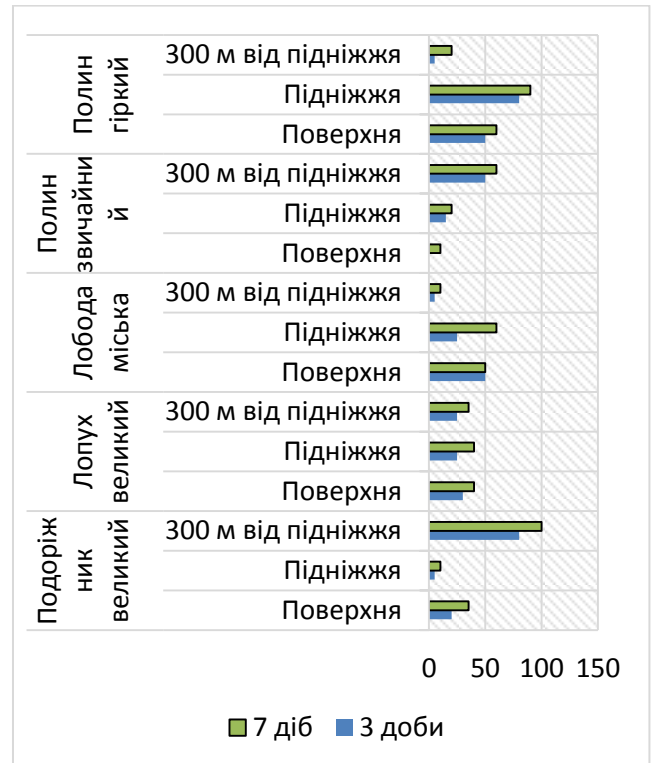


Рисунок 21 – Вміст хлоридів і сульфатів у досліджуваних зразках

Найбільш стійкими видами до дії 4% розчину Na_2SO_4 є подорожник великий, лопух великий та лобода міська (рис. 22). Найбільш стійкими видами до дії 4% розчину NaCl є лопух великий, лобода міська та полин звичайний (рис. 23).

Рисунок 22 – Знебарвлення хлорофілу у листках рослин за дії 4% розчину Na_2SO_4 , %Рисунок 23 – Знебарвлення хлорофілу у листках рослин за дії 4% розчину NaCl , %

При дослідженні пігментного складу рудероценозів сміттєзвалищ встановлено, що найбільш стійкими при заданих умовах місцезростань видами є лопух великий та лобода міська. Менш стійкими в зоні впливу сміттєзвалищ виявлені полин звичайний, полин гіркий та подорожник великий. Обліпіха крушинова розвивається на сміттєзвалищах у місцях із підвищеною вологістю субстрату. На поверхні сміттєзвалища вміст хлорофілу *a* для виду є максимальним із досліджуваних видів. Зате, хлорофіл *b* та каротиноїди *k* мають незначний вміст. Це свідчить про те, що при найменших змінах умов зростань

вид буде деградувати і, навіть, загине. Едафічні умови на відстані 300 м від сміттєзвалища є позитивними для зростання обліпихи, оскільки вміст пігментів є пропорційним. Завдяки кореляційному аналізу встановлено, що у всіх досліджуваних рослинах сміттєзвалищ, при зростанні суми хлорофілів $a+b$ відношення $(a+b)/k$ також зростає та є свідченням стійкості видів (коефіцієнт кореляції високий 0,84).

У результаті вивчення жаростійкості виявлено, що вона для одних і тих же рослин на різних ділянках сміттєзвалищ відрізняється. На поверхні сміттєзвалища найбільш жаростійкими виявилися полин звичайний та полин гіркий. При температурі $+80^{\circ}\text{C}$ відсоток ураження бурими плямами становив 40% для полину звичайний та 60% для полину гіркого. Найменш жаростійкою на поверхні виявилася лобода міська – 30% (при $+40^{\circ}\text{C}$) (рис. 24). Біля підніжжя сміттєзвалища найбільш жаростійкими також виявилися полин звичайний та полин гіркий. При температурі $+80^{\circ}\text{C}$ відсоток ураження бурими плямами становив 50% для полину звичайний та 40% для полину гіркого. Найменш жаростійкою біля підніжжя виявилася знову лобода міська – 100% ураження вже температурі $+50^{\circ}\text{C}$ (рис. 25). У радіусі 300 м від сміттєзвалища найбільш жаростійкими також виявилися полин звичайний та полин гіркий. При температурі $+80^{\circ}\text{C}$ відсоток ураження бурими плямами становив 20% для обох рослин. Найменш жаростійкою є лобода міська – 50% ураження при температурі $+50^{\circ}\text{C}$ (рис. 26).

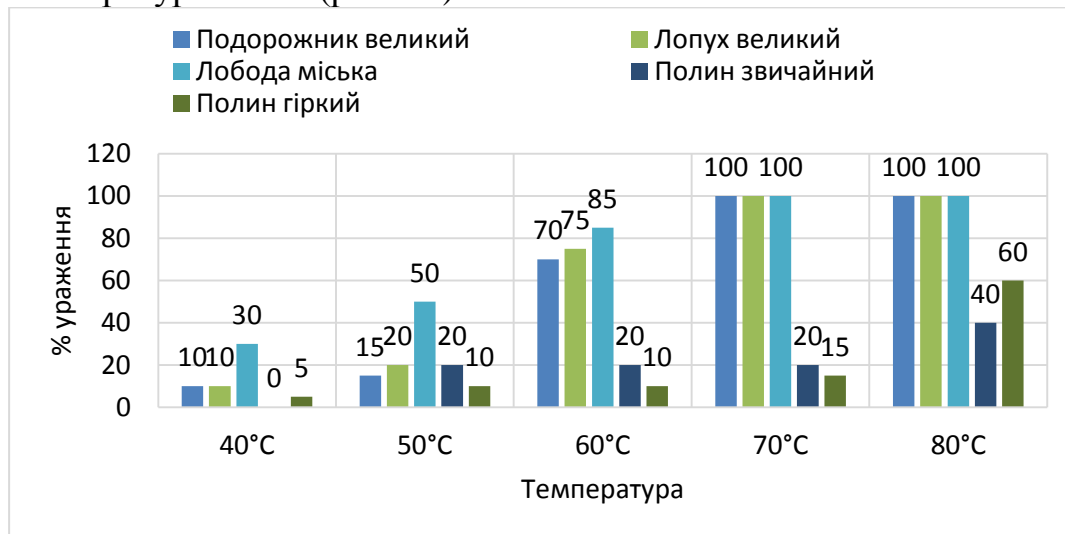


Рисунок 24 – Жаростійкість рослинності на поверхні сміттєзвалища

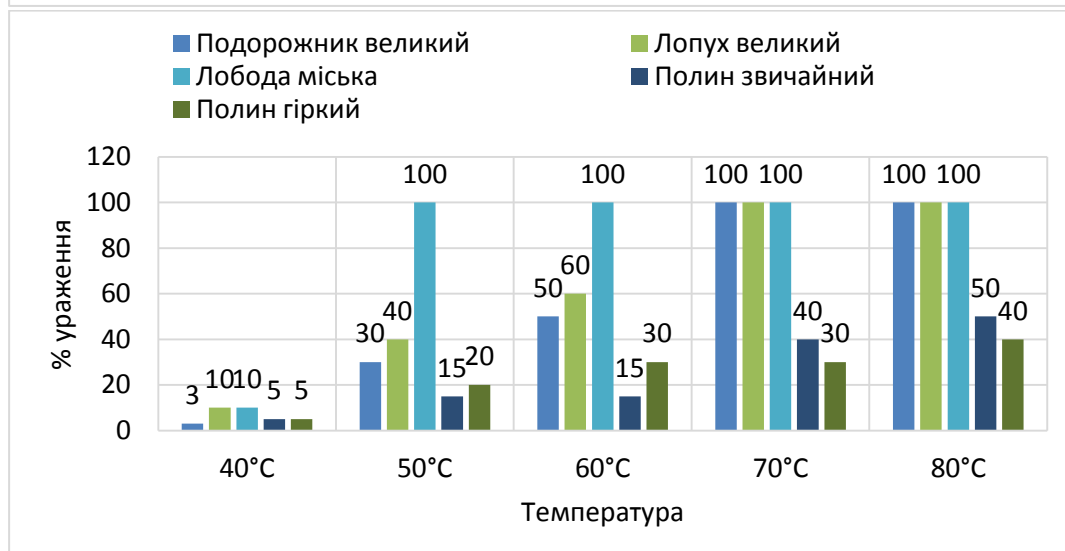


Рисунок 25 – Жаростійкість рослинності біля підніжжя сміттєзвалища

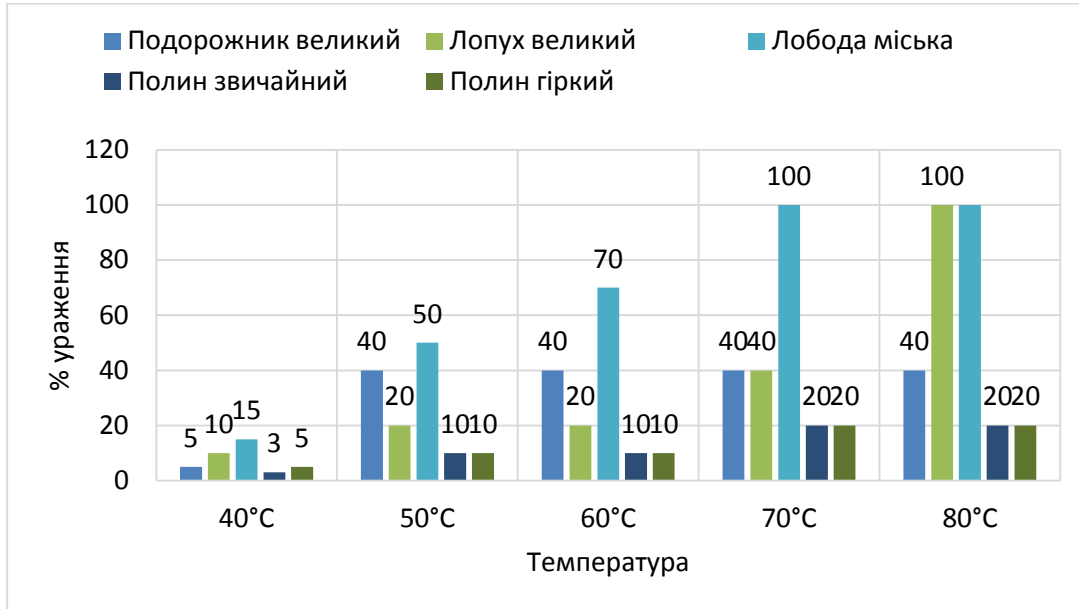


Рисунок 26 – Жаростійкість рослинності у радіусі 300 м від сміттєзвалища

Найбільш газостійкими у зоні впливу сміттєзвалищ є полин звичайний (загальний бал газостійкості $B_g = 4$), полин гіркий ($B_g = 6$) та лобода міська ($B_g = 7$). Менш стійкими до дії токсичних газів є подорожник великий ($B_g = 11$), лопух великий ($B_g = 8$) (табл. 8).

Таблиця 8 - Ступінь ушкодження рослинності при дії різних газів

Вид	Газ	Висота листка, см	Ширина основи, см	Площа листка, см ²	Площа пошкодження, см ²	Ступінь пошкодження, %	Бал ушкодження
Подорожник великий	SO ₂	19,3	9	80	0	0	0
	NO ₂	10,3	4,6	31,7	31,7	100	5
	O ₃	10,6	6,7	47,6	8,75	18,4	2
	Cl ₂	9,3	8,8	54,8	22,25	40,6	4
Лопух великий	SO ₂	14,1	12,4	117,1	0	0	0
	NO ₂	7,4	9,1	45,1	45,1	100	5
	O ₃	8,9	7,6	45,3	0	0	0
	Cl ₂	11,6	9,1	70,7	24	33,9	3
Лобода міська	SO ₂	7	4	18,8	0	0	0
	NO ₂	7	4,2	19,7	12,25	62,2	4
	O ₃	6,7	5	22,4	0	0	0
	Cl ₂	4,8	3	9,6	3	31,3	3
Полин звичайний	SO ₂	Досліджувалася гілка з листками				0	0
	NO ₂					55	4
	O ₃					0	0
	Cl ₂					0	0
Полин гіркий	SO ₂	Досліджувалася гілка з листками				0	0
	NO ₂					12	2
	O ₃					0	0
	Cl ₂					50	4

Газостійкість має зв'язок із дефіцитом вологи у рослині. Встановлено, що найбільш газостійкими виявилися рослини, у яких водний дефіцит найнижчий (рис. 27).

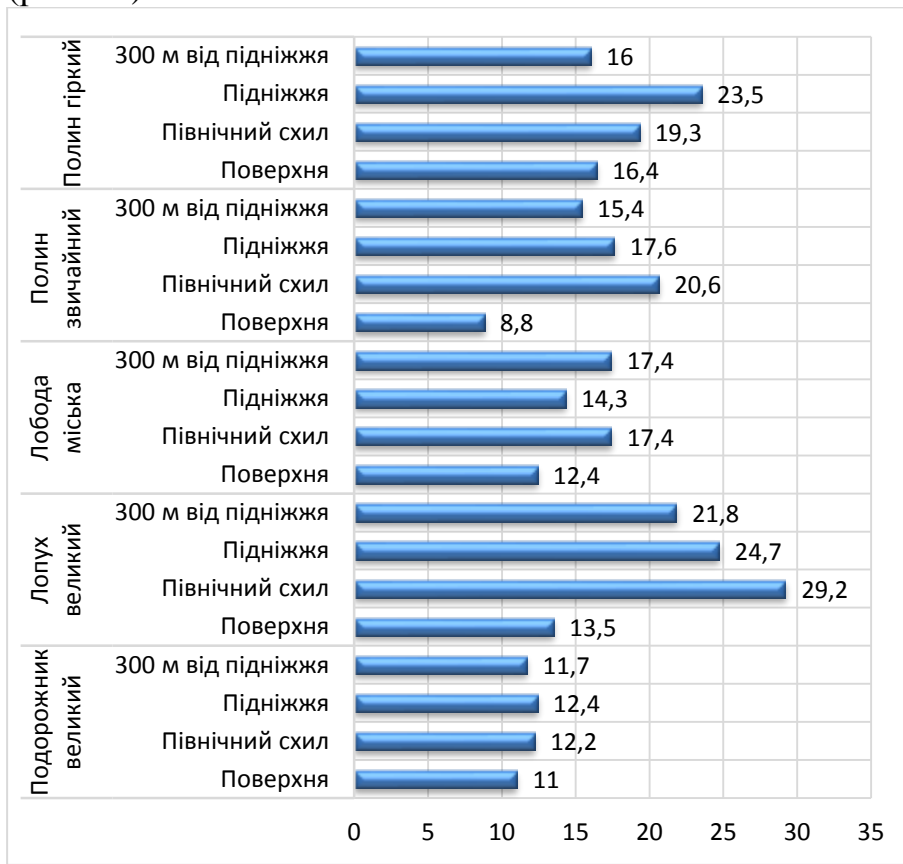


Рисунок 27 – Відносні показники водного дефіциту рослинності сміттєзвалищ у залежності від умов місцезростань, %

Найвища водоутримувальна здатність притаманна: на поверхні сміттєзвалища – полину звичайному (водовіддача за 90 хв. становила 6,8%) та лободі міській (водовіддача за 90 хв. становила 11,8%); біля підніжжя сміттєзвалища – полину звичайному (водовіддача за 90 хв. становила 9,6%) та лободі міській (водовіддача за 90 хв. становила 8,4%); у радіусі 300 м від підніжжя – лободі міській (водовіддача за 90 хв. становила 5,8%) та лопуху великому (водовіддача за 90 хв. становила 6,3%) (рис. 28).

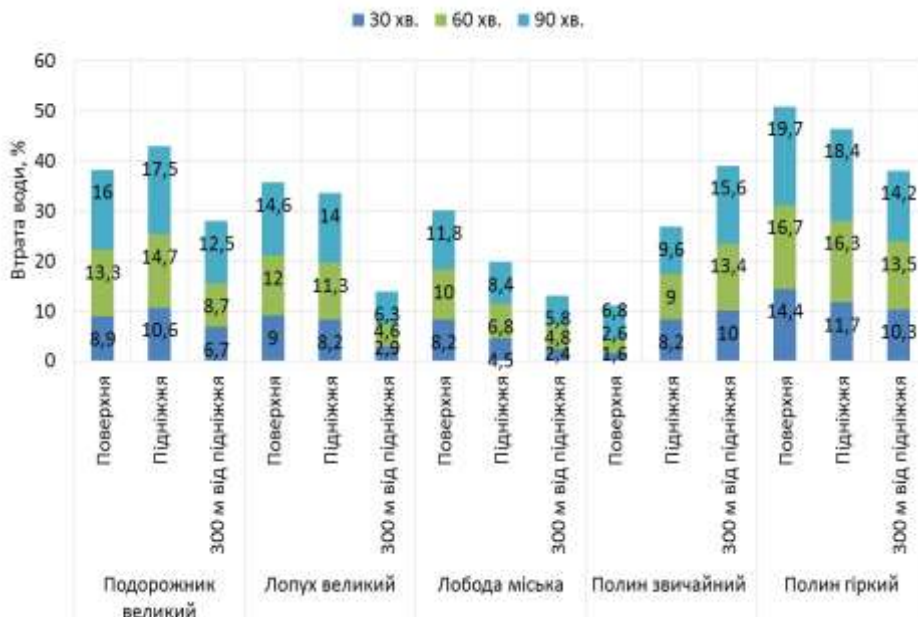


Рисунок 28 – Водоутримувальна здатність рудеральних видів сміттєзвалищ, %

Встановлено, що активність каталази рудеральної рослинності на різних ділянках сміттєзвалищ залежить від вмісту крохмалю у кореневищах. Найвищу активність каталази має лобода міська (поверхня і відстань 300 м від підніжжя по 200 мл/(г·хв), підніжжя – 220 мл/(г·хв). Найнижчу активність каталази мають лопух великий (поверхня 72 мл/(г·хв), підніжжя – 83 мл/(г·хв), 300 м – 86 мл/(г·хв)) та подорожник великий (поверхня 76 мл/(г·хв), підніжжя – 101 мл/(г·хв), 300 м – 110 мл/(г·хв)) (рис. 29). Якщо розглядати умови місцезростань, то найбільш несприятливим є підніжжя – усі досліджувані рослини проявили найвищу активність каталази саме на цій ділянці.

На підставі досліджень вмісту крохмалю встановлено, що найбільш посухостійкими видами, які розвиваються на сміттєзвалищі та у зоні його впливу є лобода міська, полин звичайний та полин гіркий (рис. 30).

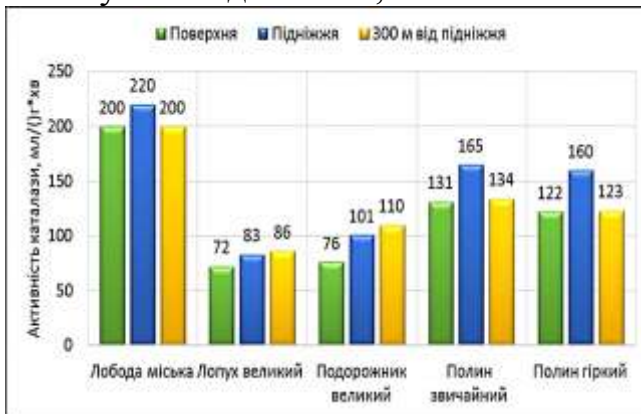


Рисунок 29 – Активність каталази рослинності сміттєзвалищ

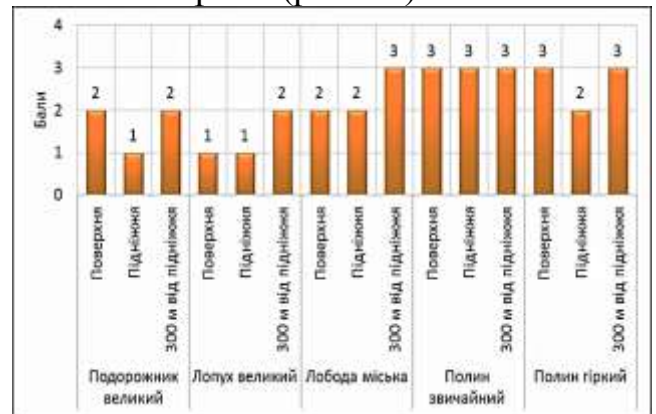


Рисунок 30 – Вміст крохмалю в досліджуваних рослинах сміттєзвалищ

У цьому розділі наведено порядок формування фітоценозів-меліорантів на поверхні сміттєзвалищ. Фітомеліоративні заходи на сміттєзвалищах Західного Лісостепу слід спрямувати за лісогосподарським та естетичним напрямками та двома шляхами: природним та штучним. Моделі фітомеліоративного відтворення складені для кожного із лісогосподарських районів Західного Лісостепу.

Вибір деревно-чагарникової рослинності для фітомеліоративного відтворення сміттєзвалищ необхідно здійснювати з врахуванням едафоклімато-пічних умов та найбільшої поширюваності видів у зоні впливу сміттєзвалищ певного лісогосподарського району Західного Лісостепу (рис. 31): для Волинської Височини – *Populus tremula* L., *Ligustrum vulgare* L., *Salix caprea* L.; для Малополянської низовини – *Betula pendula* Roth., *Hippophae rhamnoides* L., *Salix caprea* L.; для Ростоцько-Опільського – *Robinia pseudoacacia* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Salix caprea* L.; для Прут-Дністровського – *Quercus robur* L., *Ligustrum vulgare* L., *Salix caprea* L.; для Північно-Західного Подільського – *Betula pendula* Roth., *Sambucus nigra* L., *Salix caprea* L. Рудеральні фітомеліоранти, які розвиваються на сміттєзвалищах Західного Лісостепу наступні: *Chenopodium urbicum* L., *Arctium lappa* L., *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Urtica dioica* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Achillea millefolium* L., *Eutrigia repens* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Humulus lupulus* L., *Daucus carota* L., *Trifolium pratense* L., *Phragmites australis* L., *Cirsium vulgare* (Savi), *Heracleum sosnowskyi* Manden., *A Armoracia*

rusticana P.G. Gaertn., B. Mey. & Scherb, *Carduus nutans* L., *Taraxacum hybernum* Steven., *Tussilago farfara* L.

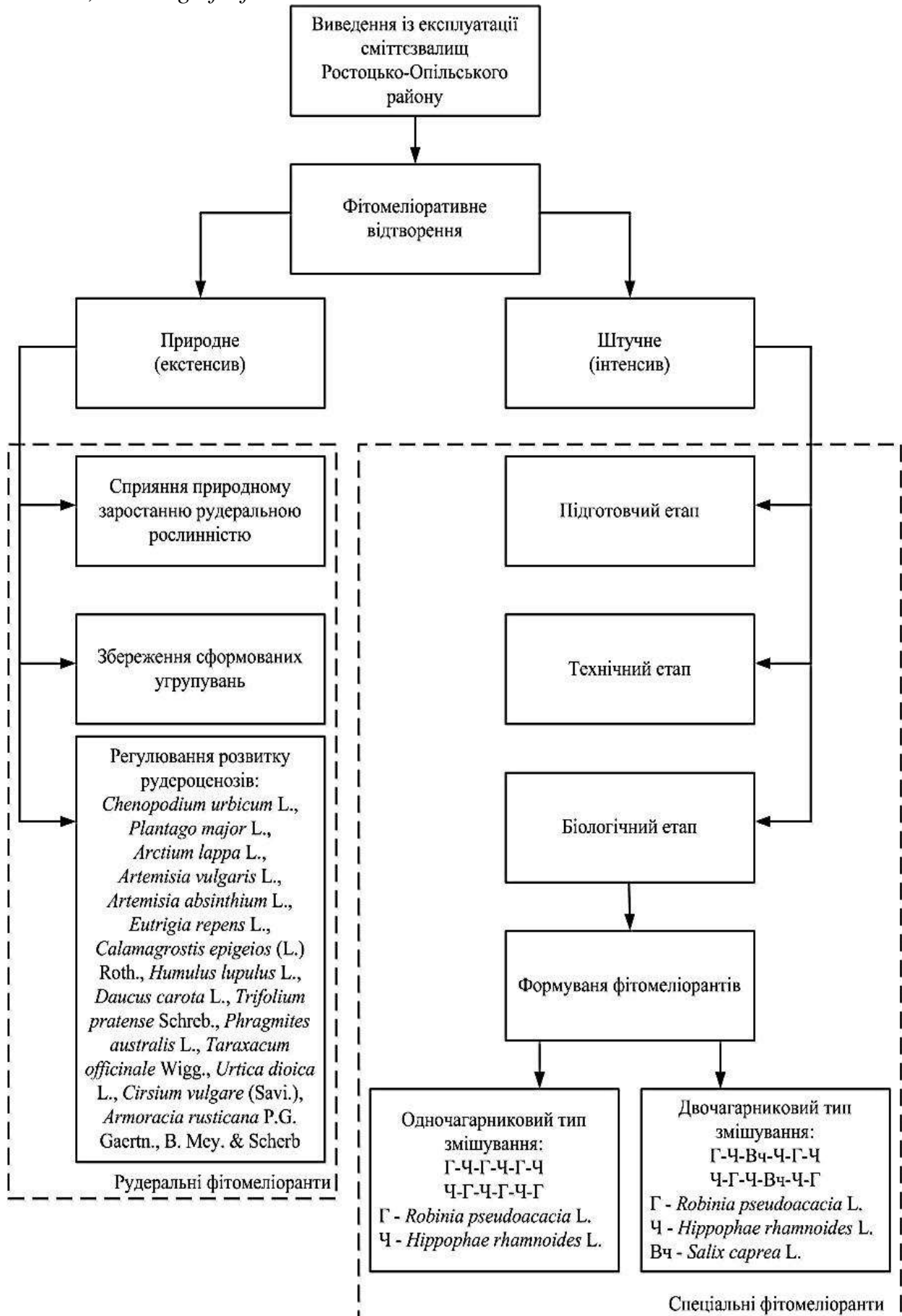


Рисунок 31 – Фітомеліоративне відтворення поверхні сміттєзвалищ (на прикладі Ростоцько-Опільського району)

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на підставі виконаних теоретичних і експериментальних наукових досліджень з узагальненням одержаних результатів вирішена важлива науково-практична проблема встановлення екологічної небезпеки в техногенно навантаженому регіоні, яка сформована ландшафто-трансформуючими чинниками функціонування сміттєзвалищ та обґрунтовано фітомеліоративні заходи підвищення рівня екологічної безпеки.

Зокрема:

1. Розроблено моделі штучних фітоценозів-меліорантів на основі регульованої екологічної сукцесії для виведення сміттєзвалищ із експлуатації, які включають екстенсивний та інтенсивний способи відтворення. Екстенсивний спосіб передбачає регулювання розвитку сформованих фітоценозів (рудеральні фітомеліоранти). Інтенсивний спосіб включає підготовчий, технічний та біологічний етапи рекультивації (спеціальні фітомеліоранти).
2. Встановлено ландшафто-трансформуючі чинники погіршення рівня екологічної небезпеки у зоні впливу сміттєзвалищ, які спричиняють виділення біогазу, фільтрату та продуктів деструкції і горіння твердих побутових відходів.
3. Доведено, що внаслідок низької активності мікроміцетів процеси біогенної деструкції на сміттєзвалищах відбуваються повільно. Найнижчі показники гумусоутворення (0,5-2,0%) притаманні діючим сміттєзвалищам. Найбільш поширеними деструкторами є види роду Аспергіл. На усіх типах сміттєзвалищ розвиваються темнобарвні мікроміцети (60-100%) та повільно зростаючі (70-100%), що є свідченням забруднення едафотопів важкими металами.
4. Встановлено, що макроміцети на сміттєзвалищах можуть бути використані як біоіндикатори стану техногенного едафотопу. Розподіл макроміцетів сміттєзвалищ за умовами їх існування показав, що найбільшого розвитку набувають гумусові та підстилкові сапротрофи, значно меншого – карботрофи і копротрофи.
5. Встановлено, що на сміттєзвалищах протікають сингенетична, початкова ендоекогенетична та зріла ендоекогенетична стадії сукцесії. Таксономічна структура флори представлена 4-ма відділами і 5-ма класами, що свідчить про високе видове різноманіття та сприятливі едафо-кліматопічні умови для розвитку рослинності на поверхні сміттєзвалищ.
6. Доведено, що рівень ферментної активності каталази рудероценозів залежить від вмісту крохмалю у кореневищах, збільшення концентрації якого активізовує механізми протидії впливу забруднених едафотопів, патогенних мікроорганізмів, токсичних газів деструкції відходів. Рослини із високою ферментною активністю каталази найбільш доцільно використовувати під час фітомеліорації сміттєзвалищ.
7. Зменшення рівня хлорофілів у листках рослин за дії високих температур призводить до збільшення співвідношення їх суми до каротиноїдів, що свідчить про активізацію захисних функцій. Газостійкість обернено пропорційно пов'язана із дефіцитом вологи. Газостійкими виявилися полини та лобода міська з найнижчим водним дефіцитом.
8. Встановлено, що на формування кліматопів сміттєзвалищ негативний вплив має швидкість вітру у приземному прошарку атмосфери, внаслідок чого

відбувається висушування субстрату та пригнічується розвиток рудеральних фітомеліорантів.

9. За результатами використання розробленої моделі встановлені температурні режими навколо осередків горіння відходів. Встановлено, що температура джерела горіння знаходиться в діапазоні $+700^{\circ}\text{C}$ $-+1000^{\circ}\text{C}$ і призводить до вигорання відходів, частих зсувів та завалів.

10. При визначенні окремих показників токсичності відходів встановлено, що суміш твердих побутових відходів з вмістом полімерів, гуми, текстилю, деревини, заліза, алюмінію під час горіння виділяє небезпечні сполуки, які перевищують граничнодопустимі концентрації та згубно впливають на біоту.

11. Встановлено, що потужність еквівалентної дози іонізуючого випромінювання у місцях із відсутнім трав'яним покривом на Львівському сміттєзвалищі перевищує допустимі норми у 1,5 рази, а щільність потоку бета-променів перевищують фонові значення у 10-20 разів.

12. Розроблений ієрархічний розподіл сміттєзвалищ дає змогу ефективно запровадити комплекс організаційних та практичних заходів для виведення сміттєзвалищ із експлуатації шляхом фітомеліоративного відтворення у залежності від їх класифікаційних ознак та регіональної приналежності. Штучна фітомеліорація проводиться у межах біологічного етапу, де необхідно формувати лісонасадження. Природна фітомеліорація передбачає етапи сприяння, збереження, регулювання розвитку рудеральних (здебільшого) фітомеліорантів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях:

1. Кучерявий В. П. Полігони твердих побутових відходів Західного Лісостепу України та проблеми їх фітомеліорації / В. П. Кучерявий, В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 56-66.
2. Попович В. В. Система роздільного збору сміття та її вплив на процеси деструкції на полігонах твердих побутових відходів / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.7. – С. 49-57.
3. Попович В. В. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту / В. В. Попович, В. П. Кучерявий // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2012. – № 20. – С. 60-66.
4. Попович В. В. Особливості використання транспортних засобів під час транспортування, сортування, утилізації та фітомеліорації твердих побутових відходів / В. В. Попович / Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.10. – С. 90-96.
5. Попович В. В. Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.11. – С. 119-128.

6. Попович В. В. Поводження із твердими побутовими відходами (вітчизняний та зарубіжний контекст) / В. В. Попович // Науково-технічний збірник : «Комунальне господарство міст». – 2012. - № 105. – С. 476-482.
7. Попович В. В. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля / В. В. Попович, В. П. Кучерявий // Науково-теоретичний, науково-практичний журнал : «Вісник ДДАУ». – 2012. - № 1. – С. 162-166.
8. Попович В. В. Екологічна структура та закономірності розвитку водної та прибережно-водної рослинності техногенних водойм сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів у межах Західного Лісостепу України / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.13. – С. 106-113.
9. Попович В. В. Фізико-механічні властивості едафотопів довкола техногенних водойм сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів у межах Західного Лісостепу України / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.14. – С. 106-110.
10. Попович В. В. Пожежна небезпека стихійних сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів / В. В. Попович // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2012. – № 21. – С. 140-147.
11. Попович В. В. Природні фітомеліоративні процеси на Львівському міському полігоні твердих побутових відходів / В. В. Попович // Збірник УкрНДІЛГА : "Лісівництво і агролісомеліорація". – 2012. - № 120. – С. 80-86.
12. Попович В. В. Залежність радіаційного фону від природних фітомеліоративних процесів на полігоні твердих побутових відходів / В. В. Попович // Наукові праці Лісівничої академії наук України : збірник наукових праць. – 2012. - №10. – С. 183-190.
13. Попович В. В. Макроміцети сміттєзвалищ як біоіндикатори стану техногенного едафотопу / В. В. Попович // Біологічний вісник МДПУ. - 2012. - №3. – С. 59-70.
14. Попович В. В. Продукти горіння сміття із підвищеним вмістом полімерних матеріалів / В. В. Попович, В. М. Гвоздь // Зб. наук. праць «Пожежна безпека». – 2013. - №22. – С. 209-214.
15. Попович В. В. Поводження із небезпечними побутовими відходами та особливості їх депонування на сміттєзвалищах / В. В. Попович, А. М. Перепелиця, А. Є. Квічка // Наук. вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – 2013. – Вип. 23.13. – С. 155-160.
16. Попович В. В. Девастовані ландшафти в зоні нагромадження твердих побутових відходів і їх фітомеліорація / В. В. Попович // Наук. вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць : «Ландшафтна архітектура і сучасність». – 2013. – Вип. 23.9. – С. 376-380.
17. Попович В. В. Вплив техноедафотопів сміттєзвалищ на природні фітомеліоративні процеси / В. В. Попович // Наук. вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. «Лісівництво та декоративне садівництво». – К., 2013. - Вип. 187, Ч. 1. – С. 339-347.

18. Попович В. В. Макроміцети Львівського міського полігону твердих побутових відходів / В. В. Попович // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2013. – Вип. 2 (62). – С. 111-117.
19. Попович В. В. Температурний режим техноедафотопів сміттєзвалищ та його вплив на природні фітомеліоративні процеси / В. В. Попович // Наукові праці Лісівничої академії наук : зб. наук. праць. – 2013. – Вип. 11. – С. 168-171.
20. Попович В. В. Дендрофлора у зоні впливу Львівського міського полігону твердих побутових відходів / В. В. Попович // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2013. – Вип. 1 (31). – С. 23-26.
21. Попович В. В. Екологічні проблеми депонування твердих побутових відходів на сміттєзвалищах та особливості перебігу фітомеліоративних процесів / В. В. Попович, Ю. Ю. Ворохта // Наук. вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – 2014. – Вип. 24.6. – С. 103-109.
22. Попович В. В. Екологічні особливості формування фітомеліоративного вкриття на Луцькому сміттєзвалищі у ранній весняний період / В. В. Попович // Проблеми екологічної біотехнології (електронний науковий журнал). – 2014. – №2. – С. 1-12. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/7420>
23. Попович В. В. Екологічні особливості накопичення нітратів рослинами, що зростають у зоні впливу Львівського міського сміттєзвалища / В. В. Попович // Наукові праці Лісівничої академії наук : зб. наук. праць. – 2014. – Вип. 12. – С. 188-193.
24. Попович В. В. Особливості взаємовпливу вітрового режиму, турбулентності, вологості субстрату та фітомеліоративних процесів на поверхні сміттєзвалища / В. В. Попович // Збірник УкрНДІЛГА : "Лісівництво і агролісомеліорація". – 2014. – № 124. – С. 121-131.
25. Попович В. В. Особливості температурного поля сміттєзвалищ / В. В. Попович, А. М. Домінік // Науково-технічний збірник : «Комунальне господарство міст. Серія: Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика». – 2015. – № 120 (1). – С. 209-212.
26. Попович В. В. Фітомеліорація як засіб виведення сміттєзвалищ із експлуатації / В. В. Попович // Збірник наукових праць : «Вісник ЛДУБЖД». – 2015. – № 11. – С. 126-130.
27. Попович В. В. Екологічна небезпека фільтраційних водойм сміттєзвалищ / В. В. Попович, В. П. Кучерявий // Збірник наукових праць : «Вісник ЛДУБЖД». – 2015. – № 12. – С. 77-84.

Статті у закордонних фахових виданнях:

28. Попович В. В. Радиационная опасность свалок / В. В. Попович // Вестник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан: Научный журнал. Кокшетау: КТИ МЧС РК – 2012. – №4(8). – С.18-22.
29. Кучерявый В. А. Урбоэкологический анализ фитоценотического покрова комплексной зеленой зоны большого города / В. А. Кучерявый, В. В. Попович // Вестник Мордовского университета. – Сер. : Биологические науки. – 2013. – № 3–4. – С. 83-88.

30. Кучерявий В. А. Особенности антропогенизации фитоценотического покрова большого города / В. А. Кучерявий, В. В. Попович // Вестник Башкирского государственного аграрного университета: научн. журн. - 2013. - № 4 (28). – С. 125-128.
31. Попович В. В. Фитомелиоративная эффективность растительного покрова свалок Западной Лесостепи Украины / В. В. Попович // Вестник Башкирского государственного аграрного университета: научн. журн. – 2014. - №1. – С. 88-90.
32. Попович В. В. Кислотность эдафотопов в зоне влияния свалки / В. В. Попович // Научно-практический журнал "Экологический вестник". – 2015. – №4(34). – С. 85-89.
33. Попович В. В. Солеустойчивость рудеральных видов к воздействию хлоридов и сульфатов в зоне влияния свалок / В. В. Попович // Вестник Тюменского государственного университета: Экология и природопользование. – 2015. – Т.1, №3(3). – С. 73-84.
34. Попович В. В. Газоустойчивость растительности в зоне влияния свалок / В. В. Попович // Вестник Тюменского государственного университета: Экология и природопользование. – 2015. – Т.1, №4(4). – С. 49-56.

Матеріали конференцій:

35. Попович В. В. Фітомеліорація антропогенних ландшафтів Заходу України / В. В. Попович // Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства: тези наук. конф. (до 155-річчя від дня народження Пашкевича В. В.) – Умань 2012. – С. 144-146.
36. Попович В. В. Проблемы фитомелиорации свалок / В. В. Попович // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2012» (9-13 апреля 2012 г.). Секция «География». — М.: МАКС Пресс, 2012. – С. 2.
37. Попович В. В. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля / В. В. Попович, В. П. Кучерявий // Международная научно-практическая конференция «Рекультивация сложных техноэкосистем в новом тысячелетии: ноосферный аспект». 29-30 травня 2012 р. м. Дніпропетровськ, 2012. – С. 220-225.
38. Попович В. В. Дослідження потужності еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання на сміттєзвалищах у межах Західного Лісостепу України / В. В. Попович // I Міжнародна науково-практична конференція "Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства". – Львів, 2012. – С. 138-140.
39. Попович В. В. Дослідження горіння полімерних відходів / В. В. Попович // Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів: збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – С. 293-294.
40. Попович В. В. Техноедатофи сміттєзвалищ та їх вплив на природні фітомеліоративні процеси / В. В. Попович // Матер. Третьої Міжнар. наук.-практ. конф. «Рослини та урбанізація» (м. Дніпропетровськ, 19-20 березня 2013 р.). – Дніпропетровськ, 2013. - С. 27-28.
41. Попович В. В. Развитие лекарственных растений на Львовском городском полигоне твердых бытовых отходов / В. В. Попович // «Лекарственные

- растения: фундаментальные и прикладные проблемы» : матер. I Международной научной конференции (21-22 мая 2013 г., г. Новосибирск) / Новосибир. Гос. Аграр. ун-т. – Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2013. – С. 88-90.
42. Попович В. В. Экологические особенности развития плодовых растений на свалках и терриконах угольных шахт / В. В. Попович // «Современные сорта и технологии для интенсивных садов» : мат-лы междунар. науч. – практ. конф., посв. 275-летию А. Т. Болотова (15-18 июля 2013 г., г. Орел). – Орел: ВНИИСПК, 2013. – С. 179-182.
43. Попович В. В. Мониторинг свалок – неотъемлемая составляющая предупреждения чрезвычайных ситуаций / В. В. Попович // Сб. мат-лов IV международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (г. Кокшетау, 17 октября 2013 г.). – Кокшетау: КТИ МЧС РК, 2013. – С. 88-89.
44. Попович В. В. Фитомелиорация в зоне влияния свалок Западной Лесостепи Украины / В. В. Попович // «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» ITF-2014. Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции, 27-28 мая 2014 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». СПб.: СПбНИИЛХ, 2014. – С. 99.
45. Попович В. В. Мікроміцети осередків горіння Львівського сміттєзвалища / В. В. Попович // «Авіа-2015» : матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф. (28-29 квітня 2015 року, м. Київ). – К.: НАУ, 2015. – С. 1772-1776.
46. Попович В. В. Техногенна небезпека полігонів твердих побутових відходів / В. В. Попович // «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (9-10 жовтня 2015 року, м. Черкаси). – Черкаси: ЧПБ НУЦЗ України, 2015. – С. 142-144.
47. Попович В. В. Біоіндикація едафічних умов сміттєзвалищ за допомогою вивчення життєдіяльності дощових черв'яків / В. В. Попович // «Новітні досягнення біотехнології та нанофармакології»: тези доповідей III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 22-23 жовтня 2015 р.). – К. : Вид-во «Мегапринт», 2015. – С. 93-94.
48. Попович В. В. Екологічна небезпека фільтрату сміттєзвалищ / В. В. Попович // «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи»: тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 4-6 листопада 2015 р.). – Львів: Вид-во ЛДУБЖД, 2015. – С. 165-166.

Патенти на корисну модель

49. Пат. 76642 Україна, МПК G 01 N 9/36. Пристрій для вимірювання щільності ґрунту / Попович В. В., Кучерявий В. П.; - № u201207857; заявл. 26.06.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. №1. – 4 с.
50. Пат. 83327 Україна, МПК G 01 N 9/36. Пристрій для вимірювання липкості ґрунту / Попович В. В., Кучерявий В. П.; - № u201212259; заявл. 26.10.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. №17. – 4 с.

АНОТАЦІЯ

Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ та наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Львів, 2017.

Дисертаційна робота присвячена встановленню екологічної небезпеки в техногенно навантаженому регіоні, яка сформована ландшафто-трансформуючими чинниками функціонування сміттєзвалищ. Обґрунтовано комплекс наукових і організаційно-технічних заходів з виведення сміттєзвалищ із експлуатації шляхом фітомеліорації.

Проведено аналіз впливу сміттєзвалищ на довкілля та організм людини. З'ясовано особливості рекультивациі та фітомеліорації девастрованих ландшафтів в Україні та за кордоном. Здійснено типізацію сміттєзвалищ за генетичною, інженерно-геологічною, едафічною, кліматопічною, екологічною, техногенною групами ознак. Проведено експериментальні едафічні та кліматопічні дослідження сміттєзвалищ із урахуванням їх географічного та лісотипологічного районування.

Встановлено особливості біогенної деструкції побутових відходів та залежність її від життєдіяльності мікроорганізмів. Проаналізовано видовий склад та структуру рослинних угруповань, які утворилися у процесі природного заростання та визначено особливості їх формування. Досліджено сукцесійні стадії рослинності сміттєзвалищ. Експериментально досліджено параметри фізіологічної стійкості рудероценозів сміттєзвалищ та описано залежність захисних функцій рослин від екологічних чинників. Розроблено моделі штучних фітоценозів-меліорантів для виведення сміттєзвалищ із експлуатації та покращення екологічного стану довкілля.

Практична значимість роботи підтверджена патентами на корисну модель та актами впровадження у навчальний та виробничий процеси.

Ключові слова: сміттєзвалище, екологічна безпека, екологічна небезпека, ландшафто-трансформуючі чинники, температурні режими, температурне поле, біогенна деструкція, екологічна сукцесія, фітомеліорація.

АННОТАЦИЯ

Попович В. В. Эколого-техногенная опасность свалок и научные основы фитомелиоративных мероприятий их вывода из эксплуатации. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 «Экологическая безопасность». Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям. Львов, 2017.

Диссертация посвящена установлению экологической опасности в техногенно перегруженном регионе, которая сформирована ландшафто-трансформирующими факторами функционирования свалок. Обоснован

комплекс научных и организационно-технических мероприятий по выводу свалок с эксплуатации путем фитомелиорации.

Проведен анализ влияния свалок на окружающую среду и организм человека. Выявлены особенности рекультивации и фитомелиорации девастированных ландшафтов в Украине и за рубежом. Осуществлена типизация свалок по генетической, инженерно-геологической, эдафической, климатопической, экологической, техногенной группами признаков. Проведены экспериментальные эдафические и климатопические исследования свалок с учетом их географического и лесотипологического районирования.

Биоиндикация эдафических условий свалок при помощи изучения жизнедеятельности дождевых червей (*Lumbricus terrestris*) и теста на кресс-салат (*Lepidium sativum*) показала, что эдафотопы являются токсичными и пагубно влияют на развитие тест-организмов. Наиболее техногенно загрязненными участками свалок оказались подножия (возле водоемов с фильтратом), участки 20 м к западу от поверхности и в 100 м к востоку от подножия свалок (в местах выделения фильтрата из тела свалок).

В результате проведенных исследований радиационного фона свалок установлено, что его уровень зависит от природных фитомелиоративных процессов (проективного укрытия). Причем, мощность дозы ионизирующего излучения в местах с отсутствующим травяным покровом превышает допустимые нормы в 1,5 раза, а плотность потока бета-частиц превышают фоновые значения в 10-20 раз.

Установлены особенности биогенной деструкции бытовых отходов и зависимость ее от жизнедеятельности микроорганизмов. Проанализированы видовой состав и структура растительных сообществ, которые образовались в процессе естественного зарастания и определены особенности их формирования. Исследованы сукцессионные стадии растительности свалок.

На плато и поверхностях склонов всех свалок развиваются, в основном, рудеральные растения, которые выступают в роли природных фитомелиорантов. Растительность этих участков, в большинстве случаев, отличается от растительности участков, которые находятся у подножия свалок, на дамбах фильтрационных водоемов и в зоне влияния свалок. Свидетельством этого является рассчитанные коэффициенты флористического сходства Жаккара.

Экспериментально исследованы параметры физиологической устойчивости рудероценозов свалок и описано зависимость защитных функций растений от экологических факторов. Разработаны модели искусственных фитоценозов-мелиорантов для вывода свалок с эксплуатации и улучшения экологического состояния окружающей среды.

Практическая значимость работы подтверждена патентами на полезную модель и актами внедрения в учебный и производственный процессы.

Ключевые слова: свалка, экологическая безопасность, экологическая опасность, ландшафто-трансформирующие факторы, температурные режимы, температурное поле, биогенная деструкция, экологическая сукцессия, фитомелиорация.

ABSTRACT

Popovych V.V. Ecological and technogenic dumps danger and scientific basis phytomelioration measures of decommissioning. – Manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in speciality 21.06.01 “Environmental safety”. Lviv State University of Life Safety. The State Emergency Service of Ukraine. Lviv, 2017.

The thesis is oriented forward to environmental threat in the areas with high level of technogenic impact, which is formed by landscape transforming factors of rubbish dump functioning. Complex of scientific, organizational and technical measures of rubbish dumps removal from service by applying phytomelioration has been substantiated.

Impact analysis of rubbish dumps on the environment and human body has been conducted. The author highlights the recultivation and phytomelioration features of the devastated landscapes in Ukraine and abroad. The paper studies the typification of rubbish dumps on the basis of genetic, engineering and geological, edaphic, climate, ecological and technogenic features. Experimental edaphic and climate researches of rubbish dumps, taking into account their geographical and forest zoning, have been conducted.

The author examines the features of biogenous destruction of consumer waste and its dependence on microorganism viability. Specific structure and composition of plant groups, created in the process of natural overgrowth are analyzed, and features of their rise and evolution are explored. Successive stages of rubbish dumps vegetation are considered. Parameters of physiological firmness of rubbish dumps weed groups are experimentally studied and the paper outlines the dependence of plants protective functions on ecological factors. The author works out the models of phytocenosis-ameliorants for rubbish dumps removal from service and environmental conditions improvement.

Practical value of the thesis in question is confirmed by utility model patents and implementation acts in educational and production processes.

Key words: rubbish dump, environmental threat, environmental hazards, landscape transforming factors, temperature conditions, temperature field, biogenic destruction, ecological succession, phytomelioration.

Підписано до друку 31.05.2017 р.
Друк на різнографі
Наклад 120 прим.

Формат 60x80/16
Ум. друк. арк. 1,8
Зам. № 03/2017