самперед зниження концентрації метану в атмосфері, отримання стабілізованих незагниваючих осадів та використання біогазу для вироблення електричної і теплової енергії, адже енергія, що виробляється, дасть змогу замінити від 50 до 100 % споживаної енергії каналізаційними очисними спорудами.

Література

1. Оліферчук В.П. Можливість використання осаду стічних вод очисних споруд Львова для виробництва біогазу / В.П. Оліферчук, М.Т. Матвієнко, І.Г. Войтович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.9. – С. 72-76.
2. Сорокіна К.Б. Технологія перероблення та утилізації осадів : навч. посібн. / К.Б. Сорокіна, С.Б. Козловська. – Харків : Вид-во ХНАМГ, 2012. – 226 с.
3. Матвієнко М.Т. Роль мікрофлори біогазової установки в процесі підвищення ефективності метаноутворення / М.Т. Матвієнко, В.П. Оліферчук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.11. – С. 76-80.
4. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки : пер. с англ. М.Ф. Пушкарева / под ред. Е.А. Бирюковой / Д. Бойлс. – М. : Агропромиздат, 1987. – 152 с.
5. Швед О.В. Екологічна біотехнологія : навч. посібн. – У 2-ох кн. – Кн. II / О.В. Швед, О.Б. Миколів, О.З. Комаровська-Порохнявець, В.П. Новіков. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2010. – 368 с.
6. Баадер Б. Биогаз: теория и практика : пер. с нем. М.И. Серебрянного / Б. Баадер, Е. Доне, М. Брендерфер. – М. : Изд-во "Колос", 1982. – 148 с.
7. Ткаченко С.Й. Теплообмінні та гідродинамічні процеси в елементах енергозабезпечення біогазової установки : монографія / С.Й. Ткаченко, Д.В. Степанов. – Вінниця : Вид-во "Універсум-Вінниця". – 2004. – 132 с.
8. Семененко И.В. Проектирование биогазовых установок. – Сумы : ПФ "МакДен", ИПП "Мрия-1" ЛТД, 1996. – 347 с.
9. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб. – М. : Стройиздат, 1991. – 128 с.
10. Егорова Т.А. Основы биотехнологии : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / Т.А. Егорова, С.М. Клунова, Е.А. Живухина. – Изд. 3-е, [стер.]. – М. : Изд. центр "Академия", 2006. – 208 с.
11. Козловська С.Б. Обладнання анаеробного зброджування осадків стічних вод з метою отримання та утилізації біогазу на комунальних очисних спорудах водовідведення / С.Б. Козловська, К.Б. Сорокіна // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – К. : Изд-во "Техніка". – 2010. – Вып. 93. – С. 206-215.

Олиферчук В.П., Матвиенко М.Т. **Получение биогаза путем анаэробного сбраживания осадка сточных вод на канализационных очистных сооружениях**

Выполнен анализ целесообразности использования технологии анаэробной переработки осадков сточных вод для получения биогаза на канализационных очистных сооружениях. Проанализировано негативное влияние активного ила, образовавшегося после очистки сточных вод, на окружающую среду. Охарактеризованы основные факторы, параметры работы и особенности оборудования сооружений анаэробного сбраживания осадков сточных вод, влияющих на стабильность процесса образования биогаза.

Ключевые слова: анаэробное сбраживание, биогаз, метантенк, канализационные очистительные сооружения, осадок стоковых вод.

Oliferchuk V.P., Matvienko M.T. **Receiving of biogas by anaerobic fermentation of sewage sludge at sewage disposal plants**

The analysis of the expediency of using anaerobic technology of sewage sludge recycling to produce biogas at sewage disposal plants is made. The negative impact of sludge, which was formed after sewage disposal to the environment, is analyzed. The main factors, work parameters and features of the equipment for buildings for anaerobic fermentation of sewage sludge, which influence on the stability of biogas formation process, are described.

Keywords: anaerobic fermentation, biogas, biogasreactor, sewage disposal plant, sewage sludge.

*УДК 628.47+630*27*

Ст. викл. В.В. Попович, канд. с.-г. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

ПОЛІГОНИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБЛЕНИХ КАР'ЄРАХ, ЯРАХ, ТРАНШЕЯХ І ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ

Розглянуто можливість формування полігонів твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях та особливості їх фітомеліорації. В умовах недостатнього фінансування сфери поводження із твердими побутовими відходами необхідно використати підхід, який передбачає гармонізацію складування сміття з одночасним поверненням порушених територій для потреб людини. Саме у такій ситуації розміщення твердих побутових відходів у відпрацьованих кар'єрах, ярах, траншеях дасть змогу "сховати" сміття та використовувати відпрацьовані території для соціокультурних потреб людини.

Ключові слова: тверді побутові відходи, сміттєзвалища, полігони твердих побутових відходів, фітомеліорація.

Постановка проблеми. Функціонування та експлуатація сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) спричиняють значне техногенне навантаження на довкілля. Найнебезпечнішими явищами сміттєзвалищ є фільтрат і звалищний газ (біогаз). За даними МНС, в Україні під полігони твердих побутових відходів відведені 8106,3 га земель. Загальна кількість полігонів та звалищ – 4469 шт. Підлягають рекультивації 538, а санації – 407 полігонів і сміттєзвалищ. Найбільша кількість сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів експлуатуються у Дніпропетровській, Житомирській, Закарпатській, Київській, Одеській, Полтавській, Сумській, Херсонській, Чернігівській областях (рис. 1).

Проте більшою небезпекою характеризуються стихійні сміттєзвалища, які з'являються неподалік населених пунктів у лісах, лісосмугах, полях, поблизу доріг та магістралей, біля берегів водойм тощо. У стихійних сміттєзвалищах відбуваються неконтрольовані процеси відводу звалищного газу та фільтрату. На жаль, не проводиться їх дезінсекція та дератизація, вони спричиняють забруднення навколишніх ґрунтів, підземних вод, відкритих водойм та річок небезпечними хімічними сполуками та важкими металами. У зоні впливу деструкційних процесів сміття проживає значна кількість населення держави [1-3].

Процеси випаровування та стоку фільтрату із сміттєзвалища зображено на рис. 2.

Унаслідок випадання опадів на стихійне звалище частина води проникає в товщу сміття, а частина випаровується. За відсутності відповідних інженерних рішень щодо монтування геохімічних бар'єрів, дренажів, стоків та водовідведення у сміттєзвалищах весь фільтрат, пройшовши через товщу сміття, ґрунт та підземні води, потрапляє у відкриті водоймища.

Негативним явищем сміттєзвалищ є відсутність систем моніторингу нагромадження біогазу та його відведення. Адже основним компонентом біогазу є метан. Нерідко стихійні сміттєзвалища самозаймаються та отруюють довкілля токсичними продуктами горіння [4, 5]. Горіння сміття гальмує природні фітомеліоративні процеси, які відбуваються на поверхні сміттєзвалищ, створюючи ще більшу небезпеку для живих організмів [6, 7].

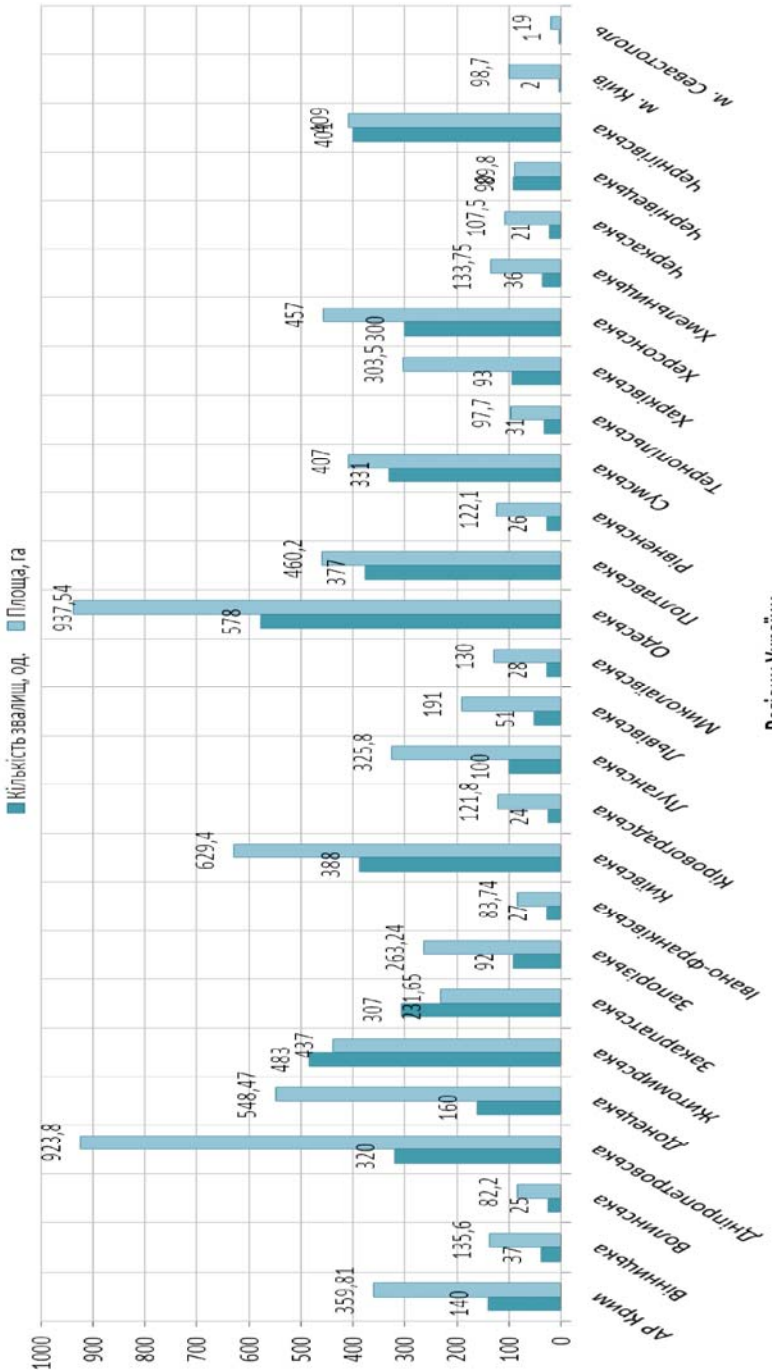


Рис. 1. Діаграма відношення кількості звалищ до їх площі за регіонами України (2011 р.)

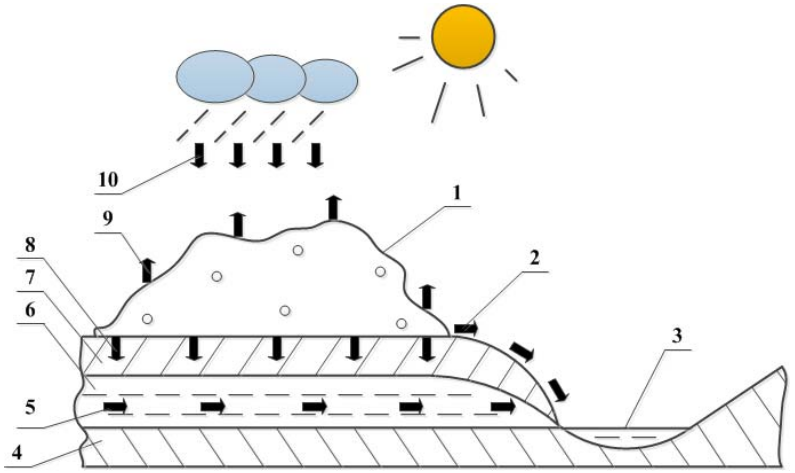


***Рис. 2. Випаровування біогазу та стік фільтрату до природних водойм**: 1) сміття; 2) опади; 3) відкрите природне водоймище; 4) материнська порода; 5) розхід фільтрату через ґрунтові води до відкритого природного водоймища; 6) ґрунтові води; 7) ґрунт; 8) розхід фільтрату через ґрунт; 9) випаровування; 10) опади*

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проектування полігонів ТПВ розглянуто в працях вітчизняних та зарубіжних вчених. Зокрема дослідження К.Л. Чертеса стосуються системи підготовки і розміщення органо-мінеральних відходів у вироблених кар'єрах [8]. Встановлено системи поетапного відбору кар'єрів під полігони ТПВ, диференціювання простору кар'єру на структурні елементи, відповідність видів відходів структурним елементам.

Дегазацію і рекультивацію земель, які порушені сміттєзвалищами та полігонами твердих побутових відходів, досліджено в роботі [9]. Зниження екологічного навантаження полігонів ТПВ на об'єкти гідросфери на завершальному етапі життєвого циклу висвітлено у дослідженнях [10]. Розроблено технологічну схему очищення фільтрату полігону ТПВ, яку використано в проекті рекультивації полігону. Проведено техніко-економічний аналіз і оцінку екологічної ефективності технології очищення фільтрату на завершальних етапах життєвого циклу сміттєзвалища.

Постановка завдання. Питання щодо створення полігонів твердих побутових відходів є актуальним, тим паче за умови існування та збільшення кількості стихійних сміттєзвалищ. Проте, як показує практика, створення полігонів ТПВ на рівнинній місцевості має істотні недоліки. Оскільки процес накопичення сміття, як свідчить статистика, у нашій державі продовжується, тому необхідно гармонізувати потребу у викиданні сміття та заповнення цими відходами вироблених кар'єрів, яри, траншеї з подальшою фітомеліорацією та поверненням земель у господарське використання.

Метою дослідження є встановити можливість проектування полігонів ТПВ у непридатних для використання людиною частинах земної поверхні, а саме вироблених кар'єрах, ярах, траншеях з подальшою їх рекультивацією та фітомеліорацією.

Виклад основного матеріалу. Життєвий цикл полігонів ТПВ складається із таких етапів [11]:

1. Вибір майданчика розміщення полігону ТПВ та розроблення проектної документації.
2. Будівництво запроектованого полігону.
3. Експлуатація полігону.
4. Рекультивація заповнених карт і закриття полігону.
5. Подальше містобудівне використання території полігону ТПВ.

Для будівництва полігону ТПВ у пониженнях, кар'єрах, ярах необхідно передбачити дві черги його заповнення. Кожна із черг заповнення полігону повинна бути обладнана ґрунтовим (або іншим видом) валом для регулювання стоку фільтрату. Також передбачено загальну дренажну систему та шар фітомеліоративного вкриття після заповнення кожної із черг полігону. Правильність заповнення полігонів ТПВ у пониженнях наведено на рис. 3.

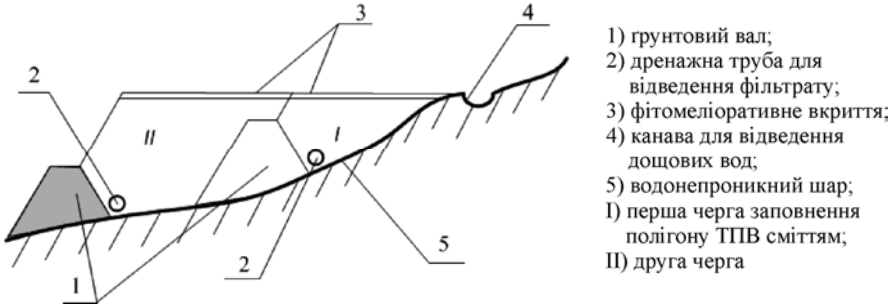


Рис. 3. Почергове правильне заповнення полігонів ТПВ сміттям

Недоцільним є заповнення полігонів ТПВ шляхом насування другої черги накопичення сміття на першу (рис. 4).

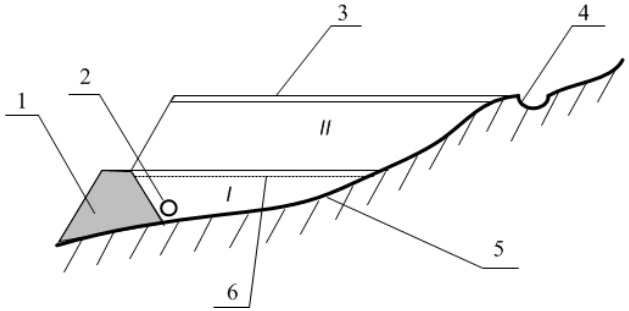


***Рис. 4. Почергове неправильне заповнення полігонів ТПВ сміттям**:*
1) ґрунтовий вал; 2) дренажна труба для відведення фільтрату; 3) фітомеліоративне вкриття; 4) канава для відведення дощових вод; 5) водонепроникний шар; 6) знищений фітомеліоративний покрив унаслідок насипання сміття; I) перша черга заповнення полігону ТПВ сміттям; II) друга черга

Унаслідок такого способу складування сміття відбувається знищення сформованого фітомеліоративного покриву, який утворився внаслідок природного заростання. Також такий тип складування є негативним, тому що внаслідок насування другої черги сміття фільтрат проникає насамперед складування, повторно отруюючи її.

Заповнення вироблених кар'єрів та ярів сміттям є перспективним вирішенням утилізації відходів в умовах відсутності спеціалізованих заводів (сміттєспалювальних, сміттєпереробних). Для проектування полігону ТПВ у виробленому кар'єрі необхідно, окрім загальних вимог [12], перебачити дорогу для сміттєвозів, шар фітомеліоративного вкриття, ґрунт для ізоляції та насосну станцію для відкачування фільтрату (рис. 5). У кар'єрах, де видобували глину нерідко утворюються водойми глибиною 0,5-1,5 м. Основу такого полігону необхідно покрити інертними відходами на висоту вище ніж 1 м від дзеркала води.

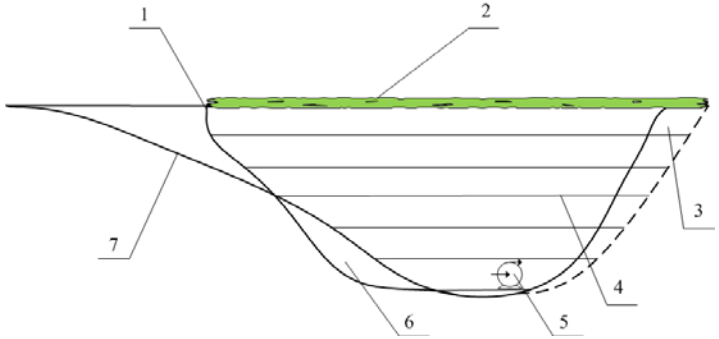


***Рис. 5. Схема проектування полігону ТПВ у виробленому кар'єрі**: 1) кар'єр; 2) фітомеліоративне вкриття; 3) ділянки виїмки ґрунту для подальшої ізоляції; 4) шари ущільнених твердих побутових відходів; 5) гідравлічний насос для викачування фільтрату; 6) насипний відрізок дороги з'їзду; 7) дорога з'їзду (пандуса) для сміттєвозів у виїмці*

Прикладом заповнення вироблених кар'єрів та ярів сміттям є рекультивований полігон ТПВ у Нідерландах (рис. 6). На сьогодні Нідерланди, як і всі європейські країни, відмовилися від накопичення сміття на полігонах шляхом масового вводу в експлуатацію сміттєпереробних заводів.

Рис. 6. Рекультивований полігон ТПВ у Нідерландах (фото автора)

Захоронення сміття у траншеях доцільно здійснювати поблизу населених пунктів із населенням не більше ніж 100 тис. людей, оскільки траншеї необхідно штучно створювати, використовуючи значну площу земель (рис. 7). Недоліком такого способу є знищення родючого шару ґрунту та перетворення продуктивних земель у непридатні для використання, а також неможливість ярусного складування відходів.

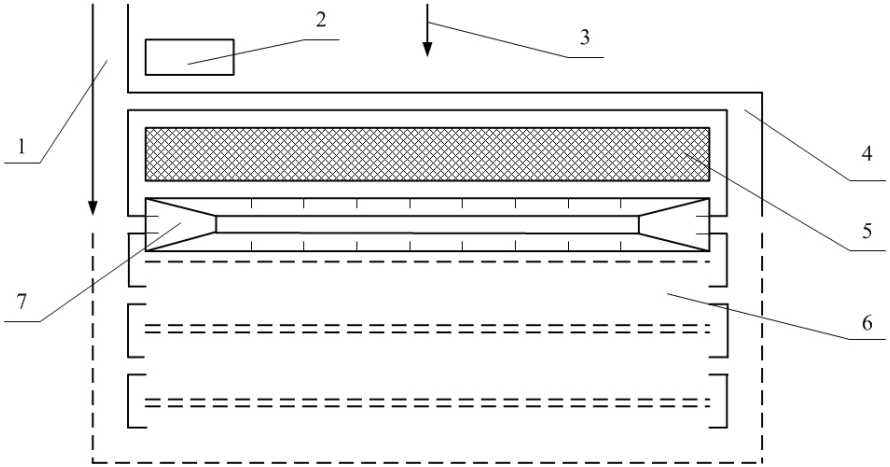


***Рис. 7. Траншейний спосіб захоронення сміття**: 1) під'їзна дорога; 2) виробничо-побутова будівля; 3) переважаючий напрямок вітру; 4) виїзна дорога; 5) ґрунт із першої траншеї; 6) наступна траншея; 7) перша траншея*

Траншейний спосіб захоронення сміття, на відміну від захоронення у кар'єрах та ярах, передбачає навмисне знищення довкілля. Засипання сміттям кар'єрів та ярів навпаки – дасть змогу під час проведення рекультиваційних та фітомеліоративних робіт повернути порушені території у використання людей (стоянки для автомобілів, виробничі, промислові будівлі, лижні траси, атракціони, стадіони тощо). Житлові будівлі, навіть поблизу рекультивованих полігонів ТПВ, розміщувати не рекомендуємо внаслідок протікання у товщі сміття складних біохімічних процесів із виділенням біогазу та фільтрату. Фітомеліорацію сміттєзвалищ, які розміщені у пониженнях, потрібно передбачати після завершення процесів складування твердих побутових відходів, оскільки знищення сформованої рослинності, яка виникла внаслідок природних процесів, є недопустимим.

Негативним прикладом почергового накопичення сміття шляхом насування однієї черги на іншу є Львівський міський полігон твердих побутових відходів (ТПВ). Природні фітомеліоративні процеси на поверхні полігону відбуваються повільно та характеризуються низьким видовим складом порівняно з підніжжям (таблиця).

Співвідношення між видами різних умов місцезростань наведено на рис. 8.

Табл. Видовий склад рослинності на поверхні Львівського міського полігону ТПВ порівняно з підніжжям

№ з/п	Вид	Трапляється біля підніжжя	Трапляється на поверхні
	Дерева		
1.	*Betula pendula* Roth.	+	+
2.	*Acer negundo* L.	+	+
3.	*Populus alba* L.	+	-
4.	*Robinia pseudoacacia* L.	-	+
5.	*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.	+	-
	Чагарники		
6.	*Hippophae rhamnoides* L.	+	+
7.	*Salix caprea* L.	+	+
8.	*Ligustrum vulgare* L.	+	-
9.	*Crataegus ucrainica* Pojark.	+	-
10.	*Thelycrania alba* (L.) Pojark.	+	-
	Трав'яні види		
11.	*Chenopodium urbicum* L.	-	+
12.	*Humulus lupulus* L.	-	+
13.	*Carex pilosa* Scop.	+	-
14.	*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.	+	+
15.	*Daucus carota* L.	+	-
16.	*Trifolium pratense* Schreb.	+	-
17.	*Plantago major* L.	+	+
18.	*Phragmites australis* L.	+	-
19.	*Arctium lappa* L.	+	-
20.	*Taraxacum officinale* Wigg.	+	+
21.	*Equisetum arvense* L.	+	+
22.	*Urtica dioica* L.	+	+
23.	*Cirsium vulgare* (Savi.)	+	-

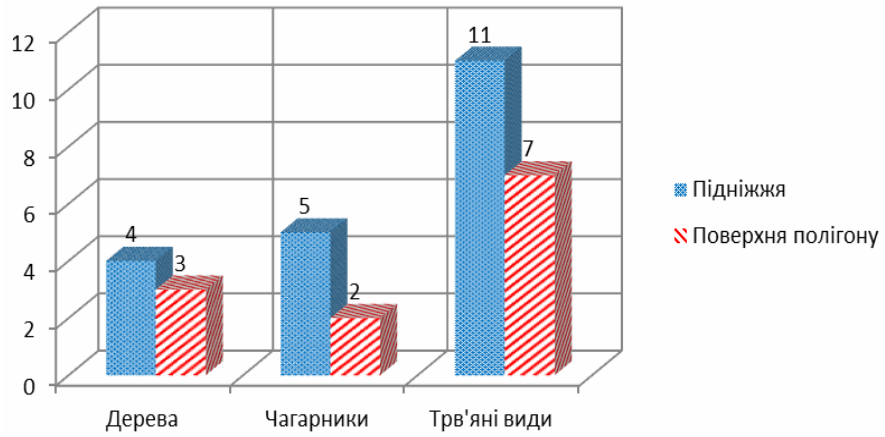


Рис. 8. Співвідношення між видами різних умов місцезростань

Встановлено, що видовий склад поверхні полігону ТПВ є значно меншим, аніж біля підніжжя. За часткою від загальної кількості на обох ділянках

переважають трав'яні види, дерева і чагарники представлені значно меншою кількістю видів (рис. 9). Це свідчить про протікання первинної сукцесії на поверхні полігону та в зоні його дії.

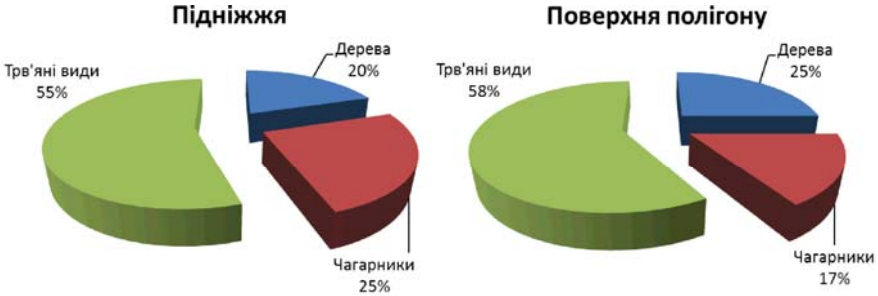
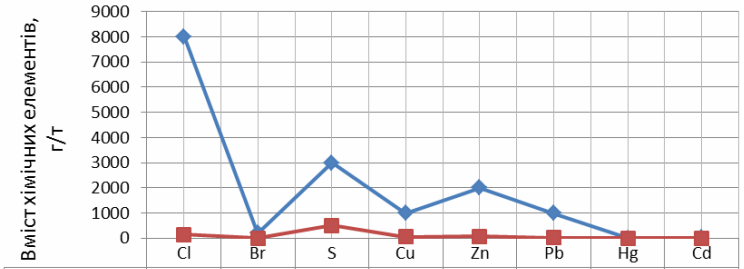


Рис. 9. Частка рослинності у зарощуванні полігону ТПВ

З метою вивчення подібності флор біля підніжжя та на поверхні полігону використано коефіцієнт флористичної спільності Жаккара [13]:

$$K_j = \frac{c}{a+b-c},$$

де: a – кількість видів біля підніжжя полігону; b – кількість видів на поверхні полігону; c – кількість спільних видів для обох ділянок. Отриманий коефіцієнт флористичної спільності (K_j=0,39) свідчить про відмінність видового різноманіття поверхні та підніжжя полігону ТПВ. Загалом полігони твердих побутових відходів є осередком депонування токсичних хімічних елементів та важких металів, тому накопичення їх на полігонах має бути замінено на інші види поводження зі сміттям, такі як: сортування, повторна переробка та спалювання на спеціалізованих заводах.



	Cl	Br	S	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd
ТПВ	8000	200	3000	1000	2000	1000	5	15
Земна кора	150	2,4	500	60	70	14	0,1	0,15

Рис. 10. Порівняльна оцінка вмісту хімічних елементів у твердих побутових відходах та земній корі

Як можна побачити з рис. 10., вміст важких металів у товщі полігонів ТПВ перевищує у сотні разів значення для земної кори.

Висновки. Складування сміття на полігонах є згубним явищем для довкілля загалом. Проте в умовах недостатнього фінансування сфери поводження із твердими побутовими відходами необхідно використати підхід,

який передбачає гармонізацію складування сміття з одночасним поверненням порушених територій для потреб людини. Саме у такій ситуації розміщення твердих побутових відходів у відпрацьованих кар'єрах, ярах, траншеях дасть змогу "сховати" сміття та використовувати відпрацьовані території для соціокультурних потреб людини.

Література

1. Кучерявий В.П. Урбоекологія / В.П. Кучерявий. – Львів : Вид-во "Світ", 2001. – 440 с.
2. Johnson C. Mine soil properties of 15 abandoned mine soil sites in West Virginia / C. Johnson, J. Scousen // O. Environ. Qual. – 1995. – Vol. 24, № 4. – P. 635-643.
3. Попутникова Т.О. Микоиндикация и биотестирование объектов окружающей среды вблизи полигона ТБО / Т.О. Попутникова, В.А. Терехова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии : сб. матер. VII Междунар. конф. – Пермь, 2009. – С. 153-157.
4. 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. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД. – 2012. – № 20. – С. 60-66.
5. Попович В.В. Конструювання ручного пожежного ствола із автономним запасом піноутворювача для гасіння пожеж на потенційно небезпечних об'єктах / В.В. Попович, І.В. Паснак, О.В. Пуць // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.3. – С. 127-132.
6. 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.
7. Meagher R.B. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants / R.B. Meagher // Curr. Opin. Plant Biol. – 2000. – Vol. 3. – P. 153-162.
8. Чертес К.Л. Комплексная система подготовки и размещения органоминеральных отходов в отработанных карьерах : дис. ... д-ра техн. наук: спец. 25.00.36 – "Геоэкология" / Чертес Константин Львович. – Самара, 2006. – 280 с.
9. Кудинов В.Н. Дегазация и рекультивация земель, нарушенных свалками и полигонами твердых бытовых отходов : дис. ... канд. техн. наук: спец. 03.00.16 – "Экология" / Владимир Николаевич Кудинов. – М. : Изд-во "Прогресс", 2002. – 142 с.
10. Шишкин Я.С. Снижение экологической нагрузки полигонов ТБО на объекты гидросферы на завершающих этапах жизненного цикла : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 03.00.16 – "Экология" / Я.С. Шишкин. – Пермь, 2007. – 18 с.
11. Анисимова А.А. Обеспечение геоэкологической безопасности природно-техногенной системы "Полигон" на основе теории управления рисками / А.А. Анисимова, А.Н. Дусенко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : зб. наук.-техн. праць. – 2009. – Вип. 5(79). – С. 147-149.
12. Наказ Держбуду України від 17.06.2005 р., № 101 "ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування". – К., 2005. – 33 с.
13. Кучерявий В.П. Загальна екологія : підручник [для студ. ВНЗ] / В.П. Кучерявий. – Львів : Вид-во "Світ", 2010. – 520 с.

Попович В.В. **Полигоны твердых бытовых отходов в выработанных карьерах, оврагах, траншеях и особенности их фитомелиорации**

Рассмотрена возможность размещения полигонов твердых бытовых отходов в выработанных карьерах, оврагах, траншеях и особенности их фитомелиорации. В условиях недостаточного финансирования сферы обращения с твердыми бытовыми отходами необходимо использовать подход, который предусматривает гармонизацию складирования мусора с одновременным возвращением нарушенных территорий для нужд человека. Именно в такой ситуации размещение твердых бытовых отходов в отработанных карьерах, оврагах, траншеях позволит "спрятать" мусор и использовать отработанные территории для социокультурных потребностей человека.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, свалки, полигоны твердых бытовых отходов, фитомелиорация.

Popovych V.V. **Landfill in working quarries, ravines, ditches, and especially their phytoreclamation**

The possibility of designing of solid waste produced in the quarries, ravines, trenches, and especially their phytoreclamation. In inadequate funding of the treatment of solid waste must use an approach that provides for the harmonization of landfills while returning disturbed areas to human needs. It is in this situation, placement of solid waste in waste pits, gullies, trenches will help "hide" collection and use exhaust area for social and cultural needs.

Keywords: solid waste, landfill, phytoreclamation.

УДК 631.145:147

Зав. сектором О.А. Слободенюк, канд. с.-г. наук – Інститут агроекології і природокористування НААН

УТИЛІЗАЦІЯ РОСЛИН, ЗАБРУДНЕНИХ ДИХЛОРДИФЕНІЛТРИХЛОРМЕТИЛМЕТАНОМ

Досліджено вплив анаеробних умов на процес розкладання дихлордифенілтрихлору (ДДТ) у забрудненій рослинній масі. Встановлено, що період напіврозкладання цього ксенобіотика у компостній масі становитиме 3,4 доби, а внесення вапняку ($CaCO_3$) кількістю 2 % від маси забруднених рослин прискорює розкладання ДДТ у 1,2 раза.

Ключові слова: утилізація, дихлордифенілтрихлор (ДДТ), пестициди, меліорант, анаеробне розкладання, компостування, забруднена фітомаса.

Під час впровадження фіторемедіаційних технологій постає серйозна проблема утилізації отриманої забрудненої рослинної продукції. Спосіб утилізації залежить від властивостей токсиканта, який адсорбувала рослина. У випадках коли здійснюють фіторемедіацію ґрунтів, забруднених важкими металами, із біомаси рослин-гіпернагромаджувачів отримують цінні кольорові метали або використовують їх як біопаливо [1, с. 79]. Утилізація ж рослин, що містять у своїх тканинах хлорорганічні сполуки – стійкі органічні забруднювачі, потребує надвисокого температурного режиму, досягти якого досить складно.

Міністерством охорони здоров'я України та головним санітарно-епідеміологічним управлінням розроблено "Методику вилучення, утилізації та знищення сільськогосподарської сировини і харчових продуктів, що зазнали впливу пестицидів та агрохімікатів і непридатні до використання". У цьому нормативному документі зазначено, що найдоцільнішим та найбезпечнішим методом знищення продукції, що зазнала пестицидного забруднення, є компостування [2, с. 44]. Компостування – це біохімічний процес, що протікає за контрольованих умов, та призначений для перетворення твердих органічних відходів у стабільний, гумусоподібний продукт, та може бути використаний для покращення складу ґрунту [3, с. 267]. За забезпеченістю процесу киснем розрізняють аеробне (окислювальний характер процесу) та анаеробне (відновлювальний характер процесу) компостування. При цьому важливу роль відіграють правильний підбір температурного режиму, вологості, кислотності середовища, складу поживних речовин та наявність підживлення у вигляді мінеральних добрив.

За результатами досліджень американського вченого В. Фріда період напіврозкладання ДДТ під час компостування забрудненого ґрунту за аеробних умов за температури 30 °С становить більше ніж 100 діб, а за анаеробних умов та додаткового підживлення за того ж температурного режиму ця величина зменшується до 8 діб [4, с. 602]. Отже, відсутність кисню каталізує процес розкладання цього ксенобіотика. У перебігу процесу метаболізму ДДТ без доступу кисню є ще одна істотна перевага – за цих умов основним продуктом метаболізму буде ДДД, який є менш стійким та безумовно менш токсичним, ніж ДДЕ.

Враховуючи згадані факти, ми вирішили дослідити, як відбувається метаболізм ДДТ у забруднених рослинних тканинах за анаеробних умов. З цією метою ми провели лабораторний дослід із рослинами гарбузів, що використовувались для фітоекстракції ДДТ та його метаболітів із забрудненого ґрунту. Для досягнення анаеробних умов компостні суміші повністю заливали дистильованою водою та герметично закривали. Дослідження проводили у триразовій повторності за температури повітря 24 ± 2 °С без доступу світла.

З огляду літератури відомо, що внесення карбонатних меліорантів таких як: негашене вапно (CaO), гашене вапно $Ca(OH)_2$, та вапняк $CaCO_3$ кількістю 1 та 2 % від маси сприяє розкладанню ДДТ у ґрунті [5]. Для дослідження здатності впливу лужних меліорантів на процес деградації хлорорганічного забруднювача у компостній фітомасі ми провели дослідження за схемою:

1) Забруднена ДДТ фітомаса гарбузів;
2) Забруднена ДДТ фітомаса гарбузів + 1 % $CaCO_3$;
3) Забруднена ДДТ фітомаса гарбузів + 2 % $CaCO_3$.

Зразки фітомаси для визначення вмісту ДДТ та його метаболітів відбирали у 3 прийоми – у день закладення досліду, а також на 8 та 15 день після. Визначення концентрації ДДТ та його метаболітів (ДДД та ДДЕ) проводили методом газорідинної хроматографії (ГРХ) на хроматографі "Кристал-2000" з детектором із захоплення електронів згідно з затвердженою Міністерством охорони здоров'я методикою [6].

Динаміку розкладання ДДТ у забрудненій рослинній масі гарбузів досліджуваних варіантів представлено у табл. 1.

Табл. 1. Концентрація ДДТ у забрудненій рослинній масі гарбузів, мкг/кг

День відбору	4,4'-ДДТ	4,4'-ДДД	4,4'-ДДЕ	∑ДДТ
Забруднена ДДТ фітомаса гарбузів				
1	$295{,}9^{\pm 43{,}6}$	$94{,}6^{\pm 14{,}3}$	$2{,}53^{\pm 0{,}37}$	$393{,}03^{\pm 43{,}6}$
8	-	$35{,}37^{\pm 4{,}51}$	$1{,}87^{\pm 0{,}24}$	$37{,}24^{\pm 4{,}51}$
15	-	$25{,}19^{\pm 3{,}47}$	$0{,}50^{\pm 0{,}05}$	$25{,}69^{\pm 3{,}47}$
Забруднена ДДТ фітомаса гарбузів + 1 % $CaCO_3$				
1	$349{,}45^{\pm 41{,}8}$	$111{,}15^{\pm 13{,}5}$	$3{,}03^{\pm 0{,}4}$	461,33± 41,8
8	-	$67{,}05^{\pm 3{,}7}$	$5{,}63^{\pm 0{,}8}$	$72{,}68^{\pm 3{,}7}$
15	-	$13{,}87^{\pm 0{,}64}$	$0{,}56^{\pm 0{,}03}$	$14{,}43^{\pm 0{,}64}$
Забруднена ДДТ фітомаса гарбузів + 2 % $CaCO_3$				
1	$329{,}31^{\pm 36{,}21}$	$104{,}88^{\pm 11{,}9}$	$2{,}81^{\pm 0{,}21}$	$435{,}07^{\pm 36{,}21}$
8	-	$52{,}8^{\pm 5{,}12}$	$7{,}28^{\pm 0{,}72}$	$60{,}07^{\pm 5{,}12}$
15	-	$10{,}05^{\pm 0{,}5}$	$0{,}6^{\pm 0{,}03}$	$10{,}65^{\pm 0{,}5}$