

УДК 504.064

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОЗСПОВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Т. Б. Годовська

Житомирський національний агроєкологічний університет
Майдан Згоди 3/75, м. Житомир, 10030, Україна. E-mail: godovsky@bk.ru

В. В. Гуреля

Інститут сільського господарства Полісся НААН України
Київське шосе, 131, м. Житомир, 10007, Україна. E-mail: zhytomyr@yandex.ru

Встановлено, що полігони твердих відходів – це не тільки загроза для естетики ландшафтів, а й джерело забруднення атмосферного повітря, ґрунтових вод і природних екосистем в цілому, що при порушенні санітарно-епідеміологічних вимог є небезпекою для здоров'я людей. Визначені науково обґрунтовані заходи щодо зменшення викидів забруднюючих речовин на полігоні м. Житомира, при яких розрахункова санітарно-захисна зона не перевищує межі нормативної. Проаналізовані кількісні показники динаміки утворення біогазу на полігоні м. Житомир свідчать, що систему збирання біогазу доцільно проектувати, монтувати та експлуатувати на діючому полігоні при своєчасному прийнятті управлінських рішень.

Ключові слова: полігони твердих побутових відходів, метаногенез, біогаз, органічні відходи.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЙВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Т. Б. Годовская

Житомирский национальный агроэкологический университет
Площадь Згоды 3/75, к. 21, Житомир, 10030, Украина. E-mail: godovsky@bk.ru

В. В. Гуреля

Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины
Киевское шоссе, 131, Житомир, 10007, Украина. E-mail: zhytomyr@yandex.ru

Установлено, что полигоны твердых отходов – это не только угроза для эстетики ландшафтов, но и источник загрязнения атмосферного воздуха, ґрунтовых вод и естественных экосистем в целом, что при нарушении санитарно-эпидемиологических требований является опасностью для здоровья людей. Определены научно обоснованные мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ на полигоне г. Житомир, при которых расчетная санитарно-защитная зона не превышает границы нормативной. Проанализированные количественные показатели динамики образования биогаза на полигоне г. Житомир свидетельствуют, что систему сбора биогаза целесообразно проектировать, монтировать и эксплуатировать на действующем полигоне при своевременном принятии управленческих решений.

Ключевые слова: полигоны твердых бытовых отходов, метаногенез, биогаз, органические отходы.

АКТУАЛЬНІСЬ РОБОТИ. Захоронення твердих побутових відходів – це один з видів антропогенного процесу, що призводить до вилучення з використання сільгоспугідь. Негативний техногенний вплив на ґрунт по своїй значимості відноситься до глобальних проблем людства [1].

Актуальність теми дослідження впливу звалищ твердих побутових відходів (ТПВ) на екосистеми викликана зростанням урбанізації та, як наслідок, збільшення накопичення ТПВ, що є не тільки загрозою для естетики ландшафтів, а й джерелом забруднення атмосферного повітря, ґрунтових вод і природних екосистем у цілому, що при порушенні санітарно-епідеміологічних вимог є небезпекою для здоров'я людей [2].

Основним фактором негативного впливу ТПВ є надходження в навколишнє середовище високотоксичного фільтрату та біогазу, що містять низку забруднюючих речовин. Для зниження негативного екологічного впливу полігонів на довкілля розроблені методи, що широко практикуються та які спрямовані на мінімізацію формування та міграції ксенобіотиків [3, 4].

Однак, єдина науково-методична основа оцінки екологічної безпеки полігонів, що дозволяє приймати науково-обґрунтовані рішення із її забезпечення

відсутня. Таким чином, на сьогоднішній час є потреба у створенні загальної науково обґрунтованої методики визначення впливу звалищ ТПВ на навколишнє середовище.

Метою роботи є моделювання розсіювання забруднюючих речовин з полігону твердих побутових відходів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Полігон твердих побутових відходів – екологічно небезпечний об'єкт розміщення твердих побутових відходів, відходів сільгосппідприємств, простроченої продукції харчування, фармацевтичних відходів, косметичної продукції, відходів лікарень, зоопарків, розплідників, віваріїв науково-дослідних установ тощо.

Моніторинг джерела антропогенного впливу є обов'язковою частиною як екологічної так і технологічної частини спостережень та стану твердого, рідкого, газоподібного компонентів.

Переважаюча частина газової компоненти звалищного субстрату формується, в основному, за рахунок продуктів життєдіяльності живих організмів і належить, таким чином, до біологічного типу (біогаз). Гази звалищних субстратів є рухливими компонентами, вони легко попадають в атмосферне повітря в результаті перепаду тиску за рахунок ущільнення

порід. Склад газу нараховує декілька компонентів, основним з яких є метан.

Для моделювання обсягів викиду метану використовувались низка факторів, що впливають на процес метаногенезу.

Метаногенез залежить від морфологічного складу відходів і наявності компонентів, що сприяють біодеструкції. Рослинні залишки, папір, текстиль, деревина та інші органічні фракції, що містяться у складі ТПВ, збільшують виділення біогазу та концентрацію в ньому метану. Питому вагу фракції з високим вмістом органічних сполук визначає кількість харчових речовин для бактерій, що виробляють метан.

На території полігону ТПВ м. Житомира при недотриманні технології складування відходів (відсутності ізоляції та зволоження відходів у пожежонебезпечний період) метан сприяє загорянню відходів. Горіння ТПВ проходить у режимі 600–800 °С та при обмеженій кількості кисню, що призводить до утворення високотоксичних сполук.

Кількість біогазу пропорційна вологості відходів. Активність анаеробних процесів в екосистемі масиву відходів визначає склад вологи. Розчинність оксиду вуглецю у воді вища, ніж розчинність метану, тому високий рівень вологості ТПВ збільшує склад метану у газовій фазі. Мінімальна вологість для початку процесу утворення газу має становити 20 %. Максимальна кількість біогазу утворюється при значеннях вологості 60–80 %.

Розрахунки зони впливу емісії біогазу та забруднюючих речовин полігону ТПВ м. Житомира базувались на метеорологічних умовах і кліматичній характеристиці району з даними щодо рози вітрів (восьмирумбової), з урахуванням швидкості та повторюваності, середньої температури самого теплого та самого холодного місяців, абсолютного мінімуму та максимуму температури, середньорічної суми опадів, стислої характеристики типу клімату, середнього барометричного тиску, радіаційного фону, тощо.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин полігону ТПВ провадився згідно з методиками ОНД–86 та адаптованою методикою академії ЖКГ ім. Панфілова (Росія) [5] до умов м. Житомира. Ці методики дозволяють виконувати розрахунки розсіювання домішок, що надходять в атмосферу з урахуванням впливу рельєфу місцевості, визначати граничні концентрації забруднюючих речовин в двометровому шарі над поверхнею землі, а також вертикальний розподіл концентрацій, років експлуатації полігону, кількості накопичених відходів тощо.

Ступінь забруднення атмосферного повітря визначався найбільшим розрахунковим значенням концентрації забруднюючої речовини, розрахованим для несприятливих метеорологічних умов і максимальної швидкості вітру.

На кількісну характеристику викидів забруднюючих речовин з полігонів приймався вплив факторів, серед яких:

- кліматичні умови;
- робоча (активна) площа полігона;
- строки експлуатації полігона;
- кількість відходів на полігоні;
- потужність шару відходів що складаються;

- морфологічний склад відходів;
- вологість відходів;
- вміст органічної складової у відходах;
- вміст жироподібних, вуглеводоподібних і білкових речовин;
- технологія захоронення відходів.

Питомий вихід біогазу за період його активної стабілізованої генерації при метановому шумуванні визначався за рівнянням [5].

З урахуваннями вищевказаного, рівняння виходу біогазу при метановому бродінні реальних вологих відходів приймає вигляд:

$$Q_w = 10^{-6}R(100-W)(0,92Z + 0,62Y + 0,34G), (1)$$

де Q – питомий вихід біогазу за період його активної генерації, кг/кг відходів; R – вміст органічної складової у відходах, %; Z – вміст жироподібних речовин в органіці відходів, %; Y – вміст вуглеводоподібних речовин в органіці відходів, %; G – вміст білкових речовин в органіці відходів, %, W – фактична вологість відходів у %, що визначається аналізами проб відходів.

Співмножник $10^{-2}(100-W)$ враховує частку абсолютно сухих відходів у загальній кількості вологих відходів. Величини R , Z , Y та G – визначались аналізами проб відходів, що відбирались. Жири та білки визначались за стандартними методиками.

У результаті вдосконалення методологічних положень щодо розрахунків викидів забруднюючих речовин з полігону твердих побутових відходів м. Житомира як неорганізованого джерела викидів визначені обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, а саме: азоту двооксид – 14,2 т/рік, аміак – 68,2 т/рік, ангідрид сірчистий – 3,3 т/рік, сірководень – 8,95 т/рік, вуглецю оксид – 31,24 т/рік, метан – 6771,13 т/рік, ксилол 56,68 – т/рік, толуол – 92,52 т/рік, етилбензол – 12,15 т/рік, формальдегід – 12,28 т/рік. Встановлено, що розрахована санітарно-захисна зона перевищує значення нормативної у вісім разів, охоплює екосистему та селітебні території площею 4900 га (рис. 1) [6].



Рисунок 1 – Розрахункова та нормативна санітарно-захисні зони полігону м. Житомира
Аналіз результатів досліджень показав, що місце складування відходів – це техногенна система, що

потребує довготривалі спостереження за станом ґрунту, повітря, підземних і поверхневих вод, та вдосконалення методології екологічного моніторингу.

У ході досліджень з'ясувалось, що частина цих факторів достатньо легко піддається контролю та прогнозується – це відчуження земель, зміна ландшафту, забруднення при транспортуванні і захороненні відходів, зміна морфологічного складу.

Інша частина факторів, що призводить до забруднення довкілля та пов'язана з фізико-хімічними і біологічними процесами всередині маси відходів, що складаються, недостатньо вивчена, не контролюється та становить найбільшу небезпеку, що обумовлює актуальність даних досліджень.

Складування твердих побутових відходів на полігонах – це єдиний спосіб утилізації цього виду відходів, що застосовується на Житомирщині.

Забезпечення екологічної безпеки полігонів ТПВ можливо шляхом дотримання норм проектування та експлуатації.

Першочерговим ефективним заходом для унеможливлення екодеструктивного впливу полігону м. Житомира на довкілля є рекультивация полігону та рециклінг твердих побутових відходів. Крім скорочення екологічного збитку, заподіяного викидами полігону, досягається додаткова енергетична вигода від збору та утилізації біогазу та вторинної сировини, з наступним використанням їх як енергоресурсів.

Для проведення аналізу кількісної оцінки обсягів захоронення твердих побутових відходів за роки експлуатації, динаміки можливості збору біогазу та фінансової оцінки ефективності утилізації біогазу на полігоні міста Житомира, була розрахована кількість утворення біогазу за період з 1957 по 2011 роки залежно від кількості населення, показників нормоутворення відходів і морфологічного складу.

Розрахунками проведена первинна оцінка кількості біогазу, що утворюється на території полігону, за допомогою загальноприйнятої моделі розрахунку Агентства захисту навколишнього середовища США [7].

Використовуючи дані викидів забруднюючих речовин з території полігону та розрахункову динаміку емісії біогазу м. Житомира, за допомогою методичних розробок [5] була розрахована еквівалентна за питомою теплоємністю кількість природного газу, яку можна заощаджувати у випадку утилізації біогазу.

Залежно від умісту метану біогаз має теплоту згоряння від 15 до 20 МДж/м³, що відповідає 50 % теплоти згоряння природного газу.

Відповідно до [5] була розрахована еквівалентна (приведена) кількість емісії біогазу полігону твердих побутових відходів м. Житомира до відповідних кількісних показників природного газу

Для фінансової оцінки ефективності утилізації річної кількості утвореного біогазу застосовувалась вартість еквівалентної кількості природного газу (2400 грн. за 1000 м³), що в перерахунку становить 12852,59 грн.

Кількісні показники динаміки утворення біогазу на полігоні м. Житомир свідчать, що при своєчасному прийнятті управлінських рішень, систему зби-

рання біогазу слід проектувати, монтувати та експлуатувати вже на діючому полігоні.

На викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря головним чином впливає частка органічної речовини в субстраті полігону. В результаті моделювання питомої ваги органічної складової (5, 10, 25, 35, 45 і 55 % відповідно) у загальній кількості твердих побутових відходів, що складаються на полігоні м. Житомира, виконані розрахунки межі санітарно-захисної зони (рис. 2).

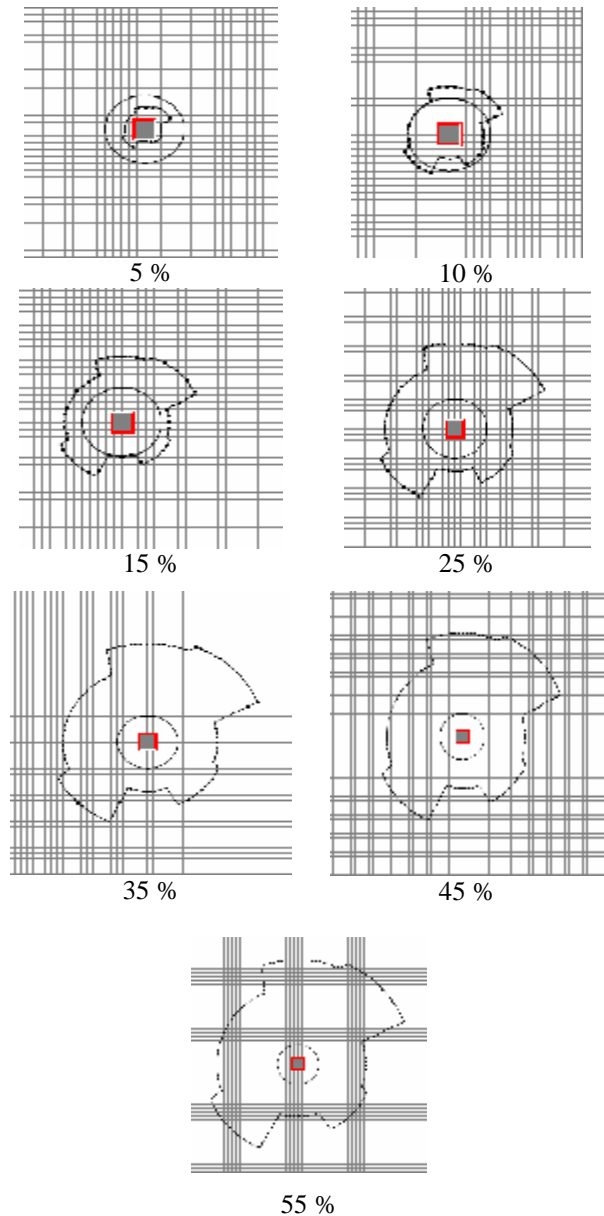


Рисунок 2 – Межі розрахункової санітарно-захисної зони в залежності від частки органічної складової в загальній кількості твердих побутових відходів, що складаються на полігоні м. Житомира

Як видно з результатів проведеного моделювання (рис. 2) найбільш доцільним є зменшення частки органічної складової до 10 %, при якій спостерігається найоптимальніша побудова розрахункової санітарної зони, що буде відповідати санітарно-гігієнічним нормативам для населених пунктів.

Існуючі методики оцінки будівництва систем збору біогазу не враховують геометричних та технічних параметрів, а також експлуатаційних характеристик територій полігонів ТПВ. Відомі математичні моделі, за допомогою яких прогнозують кількість біогазу, що утворюється в результаті розпаду органічної складової твердих побутових відходів, не повною мірою враховують дію основних фізичних факторів на процес деструкції.

ВИСНОВКИ.

1. У результаті удосконалення методологічних положень розрахунків викидів забруднюючих речовин з полігонів твердих побутових відходів, як неорганізованого джерела викидів забруднюючих речовин, та побудови карти-схеми впливу на прилеглі території, показали що розрахована санітарно-захисна зона перевищує межі нормативної у вісім разів.

2. У результаті моделювання частки органічної складової (5, 10, 25, 35, 45 і 55 % відповідно) у загальній кількості твердих побутових побудовані межі розрахункової санітарно-захисної зони. Визначена оптимальна кількість органічних відходів – 10 % від кількості відходів, що складаються на полігоні м. Житомира, за якою розрахункова санітарно-захисна зона не перевищує межі нормативної.

3. Аналіз кількісних показників динаміки утворення біогазу на полігоні м. Житомира свідчать, що систему збирання біогазу доцільно проектувати, монтувати та експлуатувати на діючому полігоні при своєчасному прийнятті управлінських рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голуб'ятників Є.І. Про розробку державної програми поводження з побутовими відходами в Україні // Коммунальное хоз-во городов: науч.-техн. сб. – 2001. – Вып. 29. – С. 99–101. – (Сер. «Техн. науки»).
2. Горлицкий Б.А. Ресурсо- и эколого-экономическая оптимизация системы: первичные природные ресурсы – отходы производства и потребления – окружающая среда // Экология и промышленность. – 2005. – № 2. – С. 16.
3. Ємець Н.А. Принципи організації екологічного моніторингу полігонів. – Дніпропетровськ: Ін-т проблем природокористування НАН України, 2008. – С. 125.
4. Управління екологічною безпекою в сфері поводження з відходами електронного та електричного обладнання/ І.П. Крайнов, В.М. Кирилюк, Є.П. Шаго, В.С. Бахарев // Науковий журнал «Екологічна безпека» – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 1/2012 (13) – С. 13–17.
5. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов ТБО. – М.: АКХ им. Памфилова, 2004. – С. 34.
6. Критерії індикаторів впливу на агроєкосистеми полігону твердих побутових відходів м. Житомир / Т.Б. Годовська, В.П. Фещенко // Вісник ЖНАЕУ. – 2011. – № 1. – С. 400–408.
7. Landfill gas / A. Gendebien and others; Commission of the European Communities. – Brussels, 1992. – 865 p.

ENVIRONMENTAL ANALYSIS AND MODELING OF SCATTERING OF POLLUTANTS FROM SOLID DOMESTIC WASTES LANDFILL

T. Godovska

Zhytomyr National Agrarian and Ecological University

Zgoda Square, 3/75, Zhytomyr, 10030, Ukraine. E-mail: godovsky@hotmail.com

V. Hurelia

Research Institute of Agriculture Polissya of NAAS of Ukraine

Highway Kyivskoe, 131, Zhytomyr, 10007, Ukraine. E-mail: zhytomyr@yandex.ru

It is determined that solid waste landfills are not only a threat to aesthetics of landscapes, but also a source of air, groundwater, and natural ecosystems pollution in its entirety, which is a health hazard in the case of sanitary-epidemiological requirements violation. The scientifically based measures to reduce the pollutant emissions at the site of Zhytomyr city, whereby the expected protection zone does not exceed the regulatory limits, are set out. The analyzed quantitative dynamic parameters of biogas at landfill of Zhytomyr city certify that biogas collection system should be designed, mount and operate at the existing landfill providing well-timed management decision making.

Key words: solid waste landfills, methanogenesis, biogas, organic wastes.

REFERENCES

1. Holubiatnykiv E.I. On the development of the state program of treatment of waste in Ukraine // *Urban municipal service: Sc.-Tech. Coll.* – 2001. – Vol. 29. – PP. 99–101. – (August. Technical Sciences). [in Ukrainian]
2. Horlytsky V.A. System resource, ecological and economic optimization: primary natural resources-industrial and consumption wastes – environment // *Ecology and industry.* – 2005. – № 2. – 16 p. [in Russian]
3. Yemets N.A. *The principles of environmental monitoring polygons arrangement.* – Dnepropetrovsk: Institute of Environmental Problems of NAS of Ukraine, 2008. – 125 p. [in Ukrainian]
4. Ecological safety management in the field of electrical and electronic equipment waste treatment / I.P.

Krainov, V.M. Kirilyuk, E.P. Shago, V.S. Bahar // *Environmental Safety* – Kremenчук: KrNU, 2012. – Iss. 1/2012 (13) – PP. 13–17. [in Ukrainian]

5. *Methods for calculating quantitative characteristics of pollutant emissions into the atmosphere from SW landfills.* – Moscow: Pamfilov AKH, 2004. – 34 p. [in Russian]

6. Indicator criteria of impact of solid domestic wastes of Zhytomyr city on agrarian and ecological systems / T.B. Godovska, V.P. Feshchenko // *Bulletin of ZHNAEU.* – 2011. – № 1. – PP. 400–408. [in Ukrainian]

7. *Landfill gas* / A. Gendebien and others; Commission of the European Communities. – Brussels, 1992. – 865 p.

Стаття надійшла 11.10.2012.
Рекомендовано до друку
к.х.н., доц. Козловською Т.Ф.