

ОСОБЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СМІТТЄЗВАЛИЩ

Здійснено моделювання температурного поля сміттєзвалища у залежності від температури джерела горіння. Охарактеризовано джерела горіння сміттєзвалища. Наведено видовий склад рослинності, який спостерігається на певній віддалі від місць горіння. Встановлено залежність розвитку фітоценозів від температури субстрату на сміттєзвалищах, які піддаються горінню.

Ключові слова: сміттєзвалище, температурне поле, рослинний покрив

Постановка проблеми. Горіння сміттєзвалищ являє собою високу екологічну небезпеку, оскільки призводить до забруднення довкілля токсичними продуктами горіння. Значна кількість сміттєзвалищ горить десятками років, незважаючи на методи і способи їх гасіння. Існують деякі теорії, які взагалі виключають попередження самозаймання та горіння сміттєзвалищ. У зв'язку з цим розробка методів

попередження, локалізації та ліквідації пожеж на сміттєзвалищах слід використовувати моделювання процесів горіння.

В Україні трапляються численні пожежі на сміттєзвалищах. Наприклад, Львівський міський полігон твердих побутових відходів (ТПВ) часто самозаймається та горить від декількох діб до декількох місяців (рис. 1).



Рис. 1. Горіння Львівського міського полігону ТПВ

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Причини загорянь на сміттєзвалищах наведені у численних працях [1-3]. Встановлено, що для забезпечення належної якості навколишнього середовища і здоров'я населення необхідно усувати причини виникнення пожеж на звалищах твердих побутових відходів та контролювати проведення профілактичних робіт для їх недопущення. Моделювання двовимірних нестационарних потоків газу на сміттєзвалищах, які самозаймаються здійснено В. А. Левіним та Н. А. Луценком [2]. Встановлено, що у залежності від початкових умов і параметрів задачі можливе встановлення окрім нестационарного режиму необмежений розігрів сміттєзвалища. Наукові дослідження А. В. Черемісіна, які були присвячені розробці методики розрахунку теплового режиму полігону твердих побутових відходів, показали, що розвиток температури в тілі полігону залежить від вологості,

морфологічного складу, вмісту активного вуглецю, густини, теплоємності, теплопровідності та температуропровідності [3]. Проте, у проведених дослідженнях не враховано глибину зосередження джерела горіння, його температуру та вплив високих температур на розвиток рослинності сміттєзвалищ.

Постановка завдання. Мета роботи – встановити температурні режими навколо осередків горіння Львівського міського сміттєзвалища та проаналізувати вплив підвищених температур субстрату на розвиток рослинності.

Методи та прилади дослідження. Моделювання температурного поля Львівського міського сміттєзвалища здійснено методами математичного моделювання теплових процесів з використанням диференціальних рівнянь нестационарної теплопровідності. Розв'язки задач теплопровідності будувалися із використанням

перетворення Лапласа. Вивчення видового складу здійснено за допомогою методу видових майданчиків площею 1 м² [4]. Описи фітоценозів проводили за стандартною методиками А. Г. Воронова [5] та В. П. Кучерявого [6].

Температуру поверхні вимірювали пірометром GM1150A (безконтактний метод). Вологість субстрату встановлена за допомогою приладу "МГ-44". Вимірювання радіаційного фону проводили за допомогою дозиметра-радіометра МКС-05"ТЕРРА". Допустима доза радіаційного фону складає 0,3 мкЗв/год.

Виклад основного матеріалу. Під час польових досліджень Львівського міського сміттєзвалища виявлено ділянки, де відбувається

горіння сміття. Встановлено, що джерело горіння знаходиться на певній глибині, а на поверхню надходять продукти горіння. Виявлено 2 місця виходу продуктів горіння на поверхню. Температура на поверхні сміттєзвалища у місцях виходу газів становила +39°C та +42°C. На віддалі 1 м від місць виходу продуктів горіння із тіла сміттєзвалища температура знизилася до +37°C. Тут не виявлено рослинного покриття. За 2 м від місць виходу продуктів горіння температура становила +25°C. У місцях з підвищеним температурним режимом процес природного заростання сміттєзвалища ускладнюється внаслідок самозаймання та просідання сміття. Характеристика осередків горіння сміттєзвалища наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика осередків горіння сміттєзвалищ

Осередок горіння	Вологість на глибині 5 см, %	Вологість на глибині 50 см, %	Вологість на глибині 100 см, %	Кислотність на глибині 5 см, рН	Кислотність на глибині 10 см, рН	Кислотність на глибині 20 см, рН	Потужність дози іонізуючого випромінювання, мкЗв/год	t, °C	Площа виходу газів, м ²	Рослинний покрив
1	17,5	9,3	4,5	4,5	3,5	3,0	0,37	42	2,0	Відсутній
2	16,8	8,9	4,2	4,5	3,5	3,0	0,37	38	2,0	Відсутній

з метою вивчення впливу підвищеної температури на розвиток рослинності на сміттєзвалищах визначено температурне поле від поверхні до джерела горіння відвалу.

Розглянемо сферичну поверхню радіусом R при деякому заданому радіальному розподілі температури (рис. 1), тобто у вигляді функції $f(r)$.

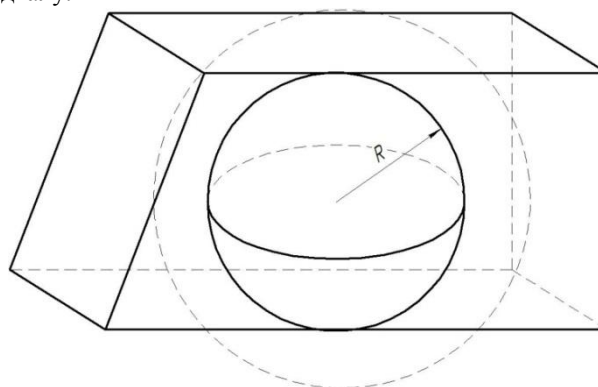


Рис. 2. Схематичне зображення джерела горіння Львівського сміттєзвалища

Приймаємо, що ізотерми приймають вигляд коаксіальних сферичних поверхонь, тобто температура сфери залежить тільки від радіуса і часу. В початковий момент часу сфера поміщається в середовище з постійною температурою $t_c < t(r, 0)$, яка підтримується постійною протягом

всього процесу охолодження. Диференціальне рівняння буде мати вигляд [7]:

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

Початкові та граничні умови можна записати у вигляді:

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

$$t(r, 0) = f(r);$$

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

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

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 одержимо [8]:

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

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;

$$a = \frac{\lambda}{c_v \cdot \rho} \text{ - коефіцієнт температуропровідності,}$$

$$\frac{\text{м}^2}{\text{с}}; \lambda \text{ - коефіцієнт теплопровідності, } \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; c_v \text{ -}$$

$$(3) \text{ питома ізохорна теплоємність, } \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \rho \text{ - густина}$$

$$\text{тіла, } \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

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

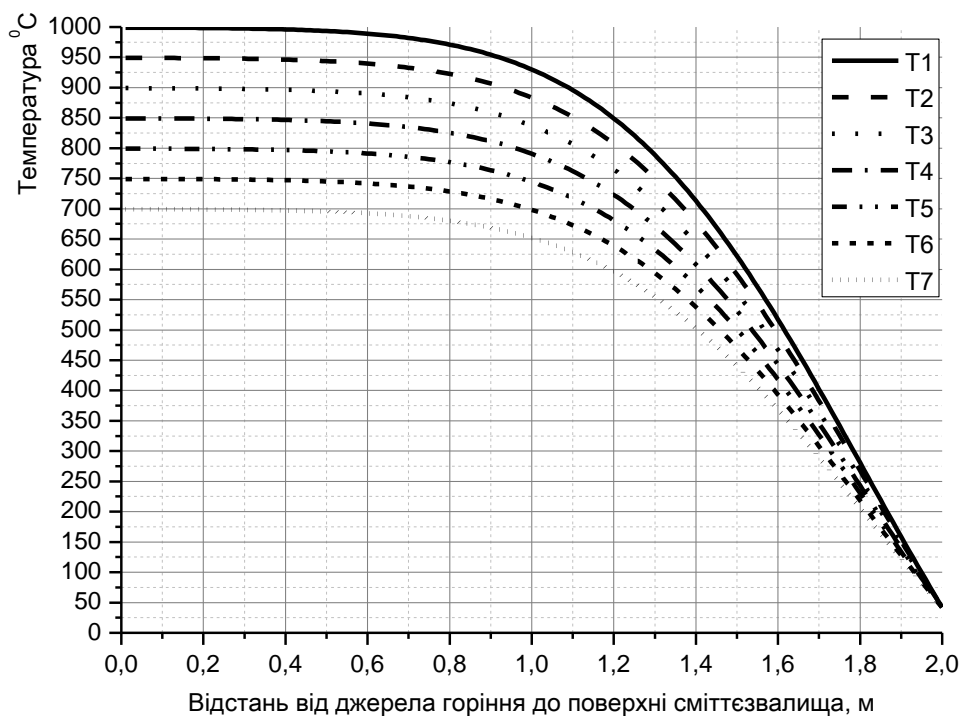


Рис. 3. Розподіл температури у товщі сміттєзвалища: T1 - при температурі джерела горіння $+1000^{\circ}\text{C}$; T2 - $+950^{\circ}\text{C}$; T3 - $+900^{\circ}\text{C}$; T4 - $+850^{\circ}\text{C}$; T5 - $+800^{\circ}\text{C}$; T6 - $+750^{\circ}\text{C}$; T7 - $+700^{\circ}\text{C}$

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

$+125^{\circ}\text{C}$ - $+175^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). Такі температурні режими є згубними для розвитку фітоценозів. Як наслідок, у радіусі 1 м навколо осередків горіння сміттєзвалищ розвиток рослинності не спостерігається. За 2 м від осередку горіння рослинність представлена поодинокими представниками - *Chenopodium urbicum* L., *Leontodon autumnalis* L., *Impatiens parviflora* DC.,

Artemisia vulgaris L., *Arctium lappa* L. Розташування особин у популяціях – спонтанне. Рясність за О. Друде – *solitariae*. На рослинний покрив, окрім прямої дії високих температур, негативно впливають низька вологість субстрату ($\varphi=16,8-17,5\%$), кислотність субстрату (рН=3,0-4,5) та недостача поживних речовин.

Водночас спостерігаються негативні фізичні та хімічні фактори – утворення зсувів та завалів унаслідок вигорання сміття, виділення токсичних продуктів горіння та погіршення естетичного стану довкілля.

Загалом поява рудеральної рослинності на сміттєзвалищах на віддалі 2 м і більше свідчить про початок сингенетичної стадії сукцесії. Дослідження спонтанних рослинних угруповань сміттєзвалищ та

умов їх існування дають змогу у подальшому ефективно спроектувати біологічний етап рекультивації з метою виведення із експлуатації шкідливого для навколишнього середовища девастованого об'єкта.

Висновки. У результаті моделювання температурного поля сміттєзвалищ встановлено, що температурні режими навколо осередків горіння Львівського міського сміттєзвалища згубно впливають на розвиток рослинності. На глибині 10 см температура субстрату становить $+125^{\circ}\text{C}$ – $+175^{\circ}\text{C}$, на глибині 100 см температура вже становить $+650^{\circ}\text{C}$ – $+925^{\circ}\text{C}$. Такі температури унеможливають появу рудеральної та деревно-чагарникової рослинності навколо осередків горіння сміттєзвалищ.

Література:

1. Алешина Т. А. Причины возгораний на свалках ТБО / Т. А. Алешина // Безопасность строительных систем. Экологические проблемы в строительстве. Геоэкология. . – 2014. – № 1. – С. 119-124.
2. Левин В. А. Моделирование двумерных нестационарных течений газа в саморазогревающихся полигонах твердых бытовых отходов / В. А. Левин, Н. А. Луценко // Вычислительная механика сплошных сред. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 55-64.
3. Черемисин А. В. Методика расчета теплового режима искусственных геосистем (на примере полигонов твердых бытовых отходов). Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Специальность 25.00.36 - «Геоэкология». СПб. – 2004. – 18 с.
4. Кучерявий В.П. Екологія : підручник [для студ. ВНЗ] / В.П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2000. – 500 с.
5. Воронов А.Г. Геоботаника / А.Г. Воронов. – М. : Высш. шк., 1973. – 384 с.
6. Кучерявий В. А. Типологическая характеристика фитоценозов зеленой зоны города : практ. рекомендации / В. А. Кучерявий. - Львов : Изд-во Львов, лесотехн. ин-та, 1984. - 48 с.
7. Лыков А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков // – М.: Высш.шк., 1967. – 599 с.
8. Коляно Ю. М. Методы теплопроводности и термоупругости неоднородного тела / Ю. М. Коляно // – К.: Наук. думка, 1992. – 280 с.

Рецензент: д-р сільгосп. наук, проф. В.П. Кучерявий, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів.

Автор: ПОПОВИЧ Василь Васильович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежо-рятувальної техніки

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
79007, Україна, Львів, вул. Клепарівська, 35

Конт. тел. – 067-673-32-65, E-mail – popovich2007@ukr.net.

Кількість публікацій в українських виданнях - 65

Кількість публікацій в іноземних індексованих виданнях – 7

Індекс Хірша – немає.

Автор: ДОМІНІК Андрій Михайлович

кандидат технічних наук, викладач кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежо-рятувальної техніки

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

79007, Україна, Львів, вул. Клепарівська, 35

Конт. тел. – 097-671-66-79, E-mail – dominik.andrij@ukr.net.

Кількість публікацій в українських виданнях - 15

Кількість публікацій в іноземних індексованих виданнях – 3

Індекс Хірша – немає.

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СВАЛОК

В. В. Попович, А. М. Доминик

Осуществлено моделирование температурного поля свалки в зависимости от температуры источника горения. Охарактеризованы источники горения свалки. Приведен видовой состав растительности, который наблюдается на определенном расстоянии от мест горения. Установлена зависимость развития фитоценозов от температуры субстрата на свалках, которые подвергаются горению.

Ключевые слова: свалка, температурное поле, растительный покров

FEATURES OF TEMPERATURE FIELD LANDFILLS

V. V. Popovych, A.M. Dominik

Done landfill simulation of temperature field depending on the temperature of combustion sources. Characterized combustion sources landfill. Shows the species composition of the vegetation that occurs at a certain distance from the place of burning. The dependence of plant communities on the temperature of the substrate in landfills, which are subjected to combustion.

Keywords: landfill, temperature field, vegetation