

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Науково-технічний журнал
«ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»**

**Scientific and technical journal
«TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL SAFETY»**

Випуск 2

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №22536-12436 Р від 01.03.2017

Затверджено до друку вченою радою
НУЦЗ України (протокол № 9 від 20.04.2017)

Харків
2017

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

В. П. Садковий д. держ. упр., проф. (голова редакційної колегії)
В. А. Андронов д. т. н., проф. (заступник голови редакційної колегії)
В. В. Вамболь д. т. н., доц. (головний редактор)
Н. В. Дейнеко к. т. н. (відповідальний секретар)

С. І. Азаров д. т. н., с. н. с.
С. О. Вамболь д. т. н., проф.
М. М. Дівізінюк д. ф.-м. н., проф.
О. І. Запорожець д. т. н., проф.
О. О. Кіреєв д. т. н., доц.
М. В. Новожилова д. ф.-м. н., проф.
Б. Б. Поспелов д. т. н., проф.
О. М. Соболев д. т. н., с. н. с.
В. В. Тютюнник д. т. н., с. н. с.

С. Д. Цибуля д. т. н., доц.
І. А. Чуб д. т. н., проф.
В. М. Шмандий д. т. н., проф.
П. Г. огли Сулейманов д. філос. (Азербайджан. Респ.)
Л. Ф. Коженевські д. е. н., проф. (Польща)
В. Радулеску д. філос., доц. (Румунія)
А. Самберг проф. (Фінляндія)
Т. Лях д. с.-х. н., проф. (Респ. Молдова)

EDITORIAL BOARD

V. Sadkoviý DSc, Professor (Chairman of Editorial Board)
V. Andronov DSc, Professor (Deputy Chairman of Editorial Board)
V. Vambol DSc, Associate Professor (Editor-in-Chief)
N. Deyneko PhD (Executive Secretary)

S. Azarov DSc, Senior Researcher
S. Vambol DSc, Professor
M. Divizinyuk DSc, Professor
A. Zaporozhets DSc, Professor
A. Kireev DSc, Associate Professor
M. Novozhilova DSc, Professor
B. Pospelov DSc, Professor
A. Sobol DSc, Senior Researcher
V. Tiutiunik DSc, Senior Researcher

S. Tsybulia DSc, Associate Professor
I. Chub DSc, Professor
V. Shmandiy DSc, Professor
P. Suleymanov PhD (Republic of Azerbaijan)
L. Korzeniowski DSc, Professor (Poland)
V. Radulesku PhD, Associate Professor (Romania)
A. Samberg Professor (Finland)
T. Leah DSc, Professor (Republic of Moldova)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В. П. Садковой д. гос. упр., проф. (глава редакционной коллегии)
В. А. Андронов д. т. н., проф. (заместитель главы редакционной коллегии)
В. В. Вамболь д. т. н., доц. (главный редактор)
Н. В. Дейнеко к. т. н. (ответственный секретарь)

С. И. Азаров д. т. н., с. н. с.
С. А. Вамболь д. т. н., проф.
М. М. Дивизинюк д. ф.-м. н., проф.
А. И. Запорожец д. т. н., проф.
А. А. Киреев д. т. н., доц.
М. В. Новожилова д. ф.-м. н., проф.
Б. Б. Поспелов д. т. н., проф.
А. Н. Соболев д. т. н., с. н. с.
В. В. Тютюнник д. т. н., с. н. с.

С. Д. Цибуля д. т. н., доц.
И. А. Чуб д. т. н., проф.
В. М. Шмандий д. т. н., проф.
П. Г. оглы Сулейманов д. филос. (Азербайджан. Респ.)
Л. Ф. Коженевски д. э. н., проф. (Польща)
В. Радулеску д. филос. доц. (Румыния)
А. Самберг проф. (Финляндия)
Т. Лях д. с.-х. н., проф. (Респ. Молдова)

УДК 658.562

Н. А. Любимова, д. т. н., проф.

Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева
Харьковская обл., п/в Докучаевское – 2, учебный городок, Украина, 62483

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТХОДАМИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННО- ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В данной статье рассматривается актуальность и необходимость проведения параллельной реконструкции схем и подходов при организации контроля выбросов и сбросов теплоэлектростанций при изменении основных технологических процессов и переходе на новые виды энергоносителей. Такой пересмотр и обновление традиционных схем и технологий контроля особенно необходимы для выполнения норм природопользования Украины при вхождении в Европейскую систему. Предлагается использовать модернизацию указанных подходов, опираясь на отдельные передовые технологии и существующий опыт теплоэлектростанций в рамках совместных европейских «пилотных» проектов.

Ключевые слова: контроль, отходы, теплоэлектростанция, реконструкция, нормы природопользования, законодательство, сотрудничество.

Постановка проблемы. В настоящее время решение любой из многочисленных задач защиты и охраны окружающей среды от загрязнений выбросами отходов промышленных предприятий тесно связано с использованием информационно-измерительных систем (ИИС) и технологий контроля. В отличие от систем экологического мониторинга, в которых постоянное наблюдение, оценка и прогноз состояния окружающей среды дают лишь общие оценки, контроль обязательно завершается конкретными результатами и выводами. Корректность этих решений должна быть нормативно обоснована в виде задаваемых вероятностных показателей качества контроля (уровня его значимости, достоверности и вероятности ошибок) [1, 2].

Информационное обеспечение любой системы контроля жестко связано с контролируемым объектом по видам и количеству информативных параметров, отражающих основные свойства объекта. При контроле процессов загрязнения окружающей природной среды количество таких физически разнородных параметров очень велико и достигает сотен и даже тысяч единиц. Это обуславливает особенности и трудности формирования вектора входных сигналов для информационно-измерительных систем (ИИС) экологического контроля, особенно если речь идет о многокомпонентных процессах загрязнения, в которых контролируемые компоненты коррелированы [3].

Особые трудности в автономизации контролируемых компонентов возникают в том случае, если в структуре ИИС контроля процессов загрязнения используются неселективные датчики и связанные с ними первичные измерительные преобразователи или же применяются методы косвенного измерения.

В настоящее время эти проблемы контроля загрязнения отходами окружающей среды теплоэлектростанциями могут быть усугублены еще и проблемами перехода на новые энергоносители уже существующих технологий при реконструкции энергетических производств в условиях дефицита

традиционного сырья. Поэтому необходимо изменить и обновить также устаревшие подходы и в области контроля. Таким образом, для модернизации, в соответствии с существующими требованиями международного законодательства, многокомпонентного контроля отходов и выполнения норм природопользования на новом современном уровне необходимо повысить и улучшить его основные характеристики: достоверность, быстродействие и уменьшение рисков и вероятности ошибок, оптимизировать основные измерительно-информационные операции и повысить экономические показатели.

Анализ последних исследований и публикаций. Повышенная неопределенность контролируемых параметров загрязнения является одним из основных факторов, провоцирующих снижение достоверности экологического контроля. Она количественно проявляется в наличии не исключенных составляющих систематических погрешностей измерения, включая и методическую погрешность [4].

Повышение достоверности контроля состоит, прежде всего, в совершенствовании информационной технологии контроля на основе уменьшения априорной неопределенности вероятностных свойств объекта контроля. Это возможно, если планирование измерительных экспериментов по изучению процессов загрязнения будет учитывать влияние фактора времени на динамику случайных процессов.

Это обеспечит адекватность вероятностной математической модели процесса загрязнения его физико-химическими особенностями изменения во времени и позволит синтезировать статистическую модель принятия решений, учитывающую ограниченность измерительной информации, полученной в ходе контроля процесса загрязнения.

Если требования по точности и адекватности вероятностной модели процесса загрязнения будут выполнены, что обеспечит эффективность информационной технологии контроля, то эффективными будут и меры по снижению неопределенности

инструментальной составляющей, связанной с повышением точности средств измерений. Повышение достоверности эквивалентно уменьшению полной вероятности ошибки контроля, поскольку эта вероятность дополняет достоверность контроля до единицы [5].

На рисунке 1 представлены базовые методы повышения достоверности контроля, с учетом

систематической и случайной составляющих вероятности ошибок контроля, причем систематическая составляющая разделена на методическую и инструментальную [5]. Взяв за основу указанную структуру базовых методов повышения достоверности контроля отдельных процессов и величин, подробнее рассмотрим преимущества и недостатки отдельных методов.

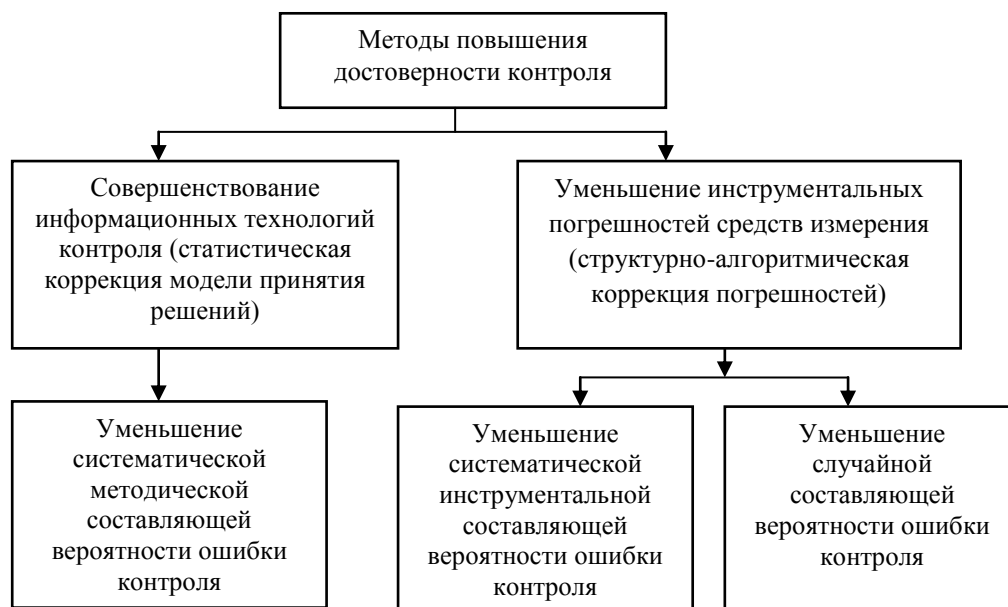


Рисунок 1 – Базовые методы повышения достоверности контроля

Методы статистической коррекции минимизируют средний риск контроля как линейную функцию его ошибочных решений при m -компонентном контроле

$$\bar{R} = \sum_{j=1}^m (q_0 c_j \cdot \alpha_j + q_1 d_j \beta_j), \quad (1)$$

где $q_0 q_1$ – априорные вероятности «неявления» и «явления» нарушений норм предельно допустимых выбросов (ПДВ); $c_j d_j$ – потери,

обусловленные ошибками контроля первого и второго рода; $\alpha_j \beta_j$ – риски контроля первого и второго рода, соответственно по каждой j -й компоненте процесса загрязнения.

Методы коррекции, минимизирующие средний риск (1), являются теоретически оптимальными и базируются на использовании временной избыточности многократных результатов измерений значений стационарных контролируемых процессов, при условии адекватности их вероятностных моделей реальному физическому объекту. На рисунке 2 показаны виды таких методов.

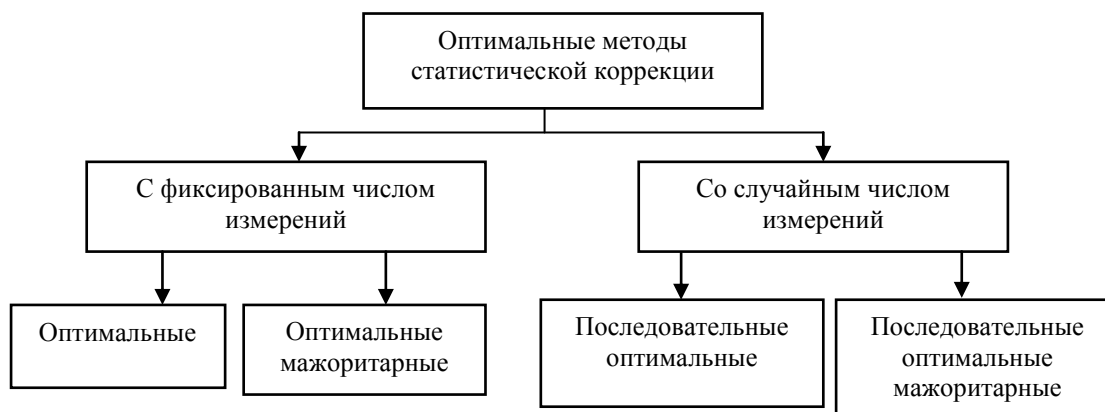


Рисунок 2 – Классификация методов статистической коррекции

Оптимальные методы коррекции основаны на использовании статистики отношения правдоподобия [6]

$$\Lambda = \frac{f_m(x_1, \dots, x_m / s_1)}{f_m(x_1, \dots, x_m / s_0)}, \quad (2)$$

числитель и знаменатель являются условными m -мерными функциями правдоподобия измеренных значений x_1, \dots, x_m для m -компонент для состояний s_1 (объект «не в норме») и s_0 (объект «в норме»).

Решения γ_1 и γ_0 , принимаемые системой контроля определяются условиями

$$\begin{cases} \gamma_1 : \text{если } \Lambda \geq 1, \\ \gamma_0 : \text{если } \Lambda < 1. \end{cases} \quad (3)$$

Статистическая коррекция заключается в нахождении несмещенных состоятельных и эффективных [7] оценок постоянных коэффициентов для условных функций правдоподобия отношения (2), для оптимального метода с фиксированным числом измерений.

Для мажоритарного оптимального метода коррекции производят n повторяющихся проверок и выбора для каждой из них по правилам (3). Если для большинства проверок имеется n_1 решений γ_1 и n_2 решений ($n_1 + n_2 = n$), то выбирают окончательное решение γ_1 , если $n_1 > n_2$, и решение γ_0 , если $n_2 > n_1$. При этом n – нечетное число.

Последовательные оптимальные методы статистической коррекции базируются на использовании критерия Вальда [8] при последовательной процедуре анализа m результатов измерений. При этом возможны не два, а три решения

$$\begin{cases} \gamma_1 : \text{если } \Lambda \geq (1-\beta) / \alpha, \\ \gamma_0 : \text{если } \Lambda < \beta / (1-\alpha), \\ \gamma : \text{продолжить измерения, если} \\ (1-\beta) / \alpha > \Lambda > \beta / (1-\alpha). \end{cases} \quad (4)$$

Общее число измерений случайно, поскольку статистика Λ – случайна, причем средняя длительность контроля тем меньше, чем больше задаваемые риски контроля α и β .

При последовательном мажоритарном методе устанавливают два целочисленных порога сравнения L ($L < n$) и $(n - L + 1)$ для числа μ решений γ_0 .

Это решение считают окончательным, если $\mu = L$. В противном случае окончательным считают решение γ_1 .

Достоинством рассмотренных оптимальных методов коррекции для решений γ_0 или γ_1 является возможность планирования контроля по задаваемым рискам α и β .

Недостаток методов состоит в том, что они применимы, главным образом, для допускового контроля [1] при технической диагностике и контроле технического состояния сложной промышленной продукции.

К недостаткам методов статистической коррекции следует отнести и их чувствительность к нарушениям адекватности модели (2), если были неправильно оценены коэффициенты условных функций правдоподобия модели или неверно заданы их вероятностные свойства.

Постановка задачи и ее решение. При организации планирования контроля потока выбросов в процессах загрязнения окружающей среды необходимо учитывать случайность моментов появления нарушений норм природопользования.

Появление случайных технологических нарушений провоцирует случайность выбросов. Последовательность таких событий, рассматриваемая во времени наблюдения, образует поток событий, особенностью которого является случайность моментов времени, соответствующих превышениям указанных норм [9].

В общем случае, поток событий представляет последовательность случайных точек на оси времени с разделяющими их случайными интервалами. Такой поток событий генерируется случайным процессом $x(t)$, который определяется изменениями во времени случайной величины X (компонента загрязнения), причем генерация любого из событий потока происходит при нарушениях стационарности процесса (по математическому ожиданию, дисперсии, спектру и т. д.). Такие нарушения порождают дополнительную неопределенность при контроле процессов технологического загрязнения, усложняя вероятностные свойства и динамические особенности процессов.

Планирование контроля потоков выбросов должно учитывать не только объемы выборок результатов измерений, но и порядок их проведения.

Главное при этом – выбор правила принятия решений на основе критерия, обеспечивающего заданную достоверность контроля и гарантирующего минимизацию тех его рисков, которые определяют уровень экономических потерь при появлении экологических нарушений, а также возможность использования полученных данных для предупреждения технологических нарушений.

Для разработки планов контроля выбросов в процессах промышленного загрязнения необходимо решить следующие задачи:

- определить условия измерений, параметры вероятностных моделей объекта контроля и показатели эффективности контроля, максимизирующие количество получаемой в ходе контроля информации;

- разработать статистическую модель измерительного контроля количественных превышений норм (ПДВ, ПДС) и определить параметры модели, минимизирующей неопределенность решений в ходе такого контроля;

– исследовать вероятностную модель процедуры контроля потока выбросов и разработать статистически обоснованные планы такого контроля;

– исследовать вероятностные модели корреляционной связности контролируемого процесса и разработать статистически обоснованный метод выбора интервала его дискретизации.

В данном исследовании представлены решения отдельных задач в связи с регламентом объема статьи. Для иллюстрации сложности вероятностной структуры многокомпонентных процессов загрязнения атмосферы представлены рисунки 3 (а, б). На них изображены типичные реализации процессов воздушного загрязнения выбросами ТЭС (см. рис. 3, а и б).

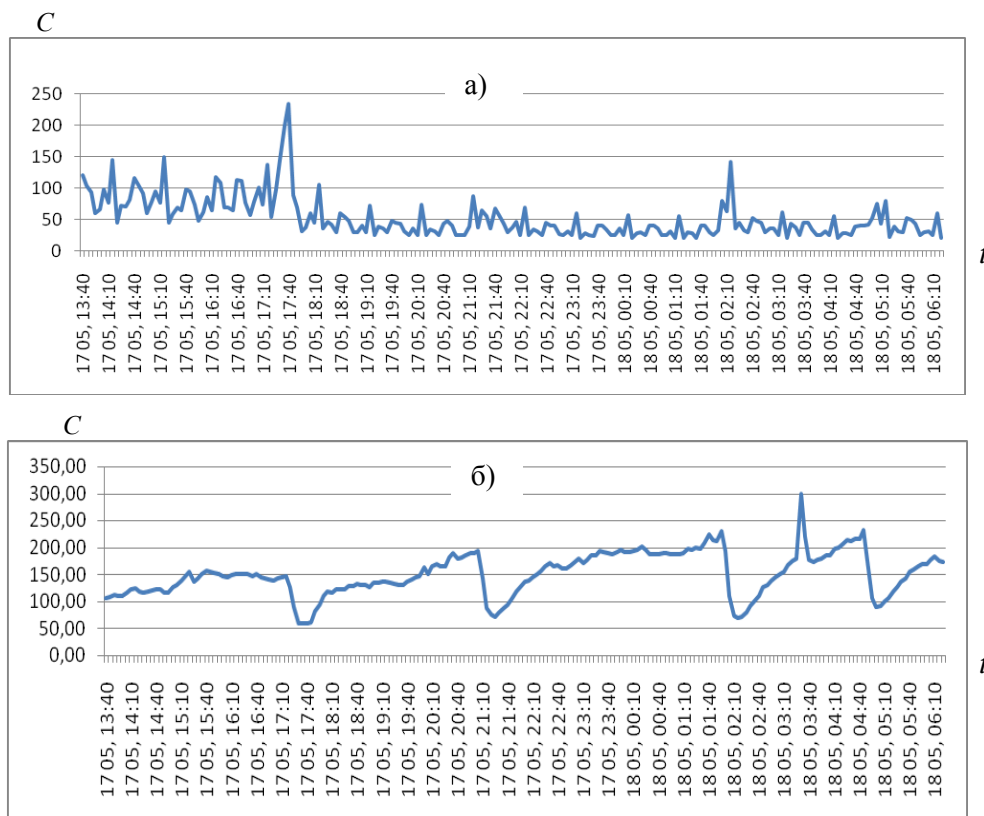


Рисунок 3 – Типичные реализации загрязнения атмосферы физико-химическими компонентами отходов ТЭС: С – концентрация (мг/м^3); t – время; а) – пыль; б) – SO_2

Точность регистрации таких превышений норм технологического регламента определяется метрологическими свойствами средств измерительного контроля и методическими погрешностями процедур измерения в конкретных условиях измерительных экспериментов.

Из рисунка 3, а, б видно, что случайные процессы количественного изменения компонентов атмосферного загрязнения отличаются сложными видами нестационарности одновременно по математическому ожиданию, спектру и закону распределения вероятностей.

Оценка стационарности и спектральных особенностей приведенных процессов загрязнения позволит уменьшить априорную неопределенность и даст возможность для усовершенствования процедуры планирования контроля.

Использование информационного анализа процедуры измерительного контроля экстремальных выбросов в процессах загрязнения.

Измерительный контроль широко используется для установления факта «нахождение действи-

тельного значения параметра относительно его предельно допустимых значений путем измерения значений параметра» [1]. Измерение – это базовая процедура получения первичной информации о значении контролируемого параметра. Следующая по порядку процедура – это выработка решения о соответствии или несоответствии значения параметра регламентируемым нормативным требованиям [10]. Преобразование первичной измерительной информации о фактическом значении контролируемого параметра в информацию вторичную, представляемую в форме логических выводов (решений), позволяет рассматривать любую систему параметрического контроля как систему информационную.

Для определения количества информации на выходе этой системы зададимся статистической моделью критерия принятия решения о наличии (γ_1) или отсутствии (γ_0) выброса в наблюдаемом процессе $x(t)$, рассматривая измеренное значение x как критериальную статистику.

Область допустимых значений для этой статистики $\omega_0 \in (0, x_B)$, а критическая область – $\bar{\omega} \in [x_B, \infty)$, где x_B – норма ПДВ. Выбор решений производится в соответствии с условиями [11]

$$\begin{cases} \gamma_0 : x \in \omega_0; \\ \gamma_1 : x \in \bar{\omega}. \end{cases} \quad (5)$$

Используем для описания вероятностных свойств статистики X при наличии или отсутствии выброса, модель скачкообразных изменений математического ожидания m_x процесса $x(t)$ [12] на интервале Δt его наблюдения

$$\begin{cases} m_x = m, & \text{если } x(t) \in \omega_0, \\ m_x = m + \Delta, & \text{если } x(t) \in \bar{\omega}, \Delta = \text{const} \end{cases} \quad (6)$$

где Δ – параметр смещения (параметр нестационарности по математическому ожиданию).

Введем два состояния (Θ) процесса $x(t)$ на интервале Δt

$$\begin{cases} \Theta_0 : x(t) \in \omega_0, \\ \Theta_1 : x(t) \in \bar{\omega}. \end{cases} \quad (7)$$

Статистика X может быть рассмотрена как сумма непрерывной центрированной $x(\Delta t)$ и дискретной Z случайных величин

$$x = \overset{\circ}{x}(\Delta t) + Z, \quad (8)$$

где $Z = \begin{cases} m, & \text{если } \Theta = \Theta_0 \\ m + \Delta, & \text{если } \Theta = \Theta_1. \end{cases}$

Пусть σ^2 дисперсия процесса $\overset{\circ}{x}(t)$, неизменная для состояний Θ_0 и Θ_1 , а $f(x)$ – плотность распределения процесса на интервале Δt . Если $\sigma^2 = \text{const}$, то, с учетом условий (6) и (8), процесс $x(t)$ может считаться нестационарным по математическому ожиданию.

Пусть T – время наблюдения процесса $x(t)$ в ходе контроля появлений превышения нормы x_B при кратковременных выбросах ($T \gg \Delta t$).

Если поток выбросов стационарен, то параметр $H(t)$ этого потока будет постоянной величиной [13]

$$H(t) = \lambda.$$

Если интервал Δt настолько мал, что на этом интервале может появиться не более одного выброса, а сами выбросы рассматриваются как независимые случайные события, то последовательность таких событий образует простейший (или стационарный пуассоновский) поток.

Для простейшего потока событий вероятность того, что на участке времени длины T наступит ровно k событий, определяется по формуле [13]

$$P(k) = \frac{(\lambda T)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda T}. \quad (9)$$

Из выражения (9) следует, что априорные вероятности P_0 (непоявления выбросов, $k=0$) и P_1 (появления хотя бы одного выброса, $k \geq 1$) могут быть найдены по формулам [14]:

$$\begin{aligned} P_0 &= e^{-\lambda T}, \\ P_1 &= 1 - e^{-\lambda T}. \end{aligned} \quad (10)$$

Определение количества ожидаемой информации. Неопределенность статистики X до проведения контроля определяется дифференциальной энтропией [15]

$$h_x = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log_2 f(x) dx. \quad (11)$$

Плотность $f(x)$ – это композиция двух законов распределения [16]

$$f(x) = f(\overset{\circ}{x}) * f(z),$$

где $\overset{\circ}{x}$ – заданное значение $\overset{\circ}{x}(\Delta t)$, z – заданное значение Z , причем $\overset{\circ}{x} \sim \text{NORM}(0, \sigma^2)$, а плотность $f(z)$ задана как ряд распределения [17]

$$Z: \left| \begin{array}{c|c} m & m + \Delta \\ \hline p_0 & p_1 \end{array} \right|.$$

Нечетные центральные моменты k -го порядка дискретной случайной величины Z равны [17]

$$\mu_k = \Delta^k p_0 p_1 (p_0 - p_1). \quad (12)$$

Из (2.8) следует, что распределение $f(z)$ симметрично, как и нормальный закон $f(\overset{\circ}{x})$, если $p_0 = p_1 = 0,5$, поскольку все $\mu_k = 0$ для $k = 3, 5, 7, \dots$

Остаточная дифференциальная энтропия статистики X определяется результатом контроля в виде решений γ_0 или γ_1 , соответствующих отсутствию или наличию в значении $z = Z$ скачкообразного приращения Δ [18]

$$h_{x/x_z} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, x_z) \log_2 \frac{f(x, x_z)}{f(x_z)} dx dx_z, \quad (13)$$

где $f(x, x_z)$ – плотность вероятности совместного появления x и $x_z = \overset{\circ}{x}(\Delta t) + z$.

Ожидаемое, по результатам контроля, количество информации о наличии или отсутствии случайного события (выброса) – это разности энтропий h_x и h_{x/x_z} [19]

$$I = h_x - h_{x/x_z}. \quad (14)$$

Если $f(x)$ – симметричное распределение (нормальное, равномерное и т.п.), то согласно [20]

$$I = \log_2 \sqrt{1 + \frac{\sigma_x^2}{\sigma_{x_z}^2}}. \quad (15)$$

Выражение (15) справедливо, если выполняется условие симметрии для плотности $f(z)$, т. е. $p_0 = p_1$. Найдем для этого частного случая дисперсии σ_x^2 и $\sigma_{x_z}^2$.

При независимости случайных величин z и $x(t)$, где t – момент измерения значения процесса $x(t)$ [21]

$$\sigma_x^2 = (m - m_z)^2 p_0 + (m + \Delta - m_z)^2 p_1 + \sigma^2,$$

где $m_z = m + \Delta p_1$.

После соответствующих преобразований получим

$$\sigma_{x_z}^2 = \Delta^2 p_0 p_1 + \sigma^2. \quad (16)$$

Для нахождения остаточной дисперсии σ_{x_z} зададимся рисками α первого и β второго рода. Тогда

$$\sigma_{x_z}^2 = (m - m_{z|y_0})^2 (1 - \alpha) + (m + \Delta - m_{z|y_0})^2 \alpha + (m - m_{z|y_1})^2 \beta + (m + \Delta - m_{z|y_1})^2 (1 - \beta), \quad (17)$$

где

$$\begin{cases} m_{z|y_0} = m + \Delta \alpha, \\ m_{z|y_1} = m + \Delta (1 - \beta). \end{cases} \quad (18)$$

Условные математические ожидания $m_{z|y_0}$ и $m_{z|y_1}$ соответствуют возможным решениям γ_0 и γ_1 , принимаемым в ходе контроля.

Выражение (17) после преобразований, с учетом уравнений (18), примет вид

$$\sigma_{x_z}^2 = \Delta^2 [\alpha(1 - \alpha) + \beta(1 - \beta)] \quad (19)$$

Подставляя значения дисперсий σ_x^2 , $\sigma_{x_z}^2$ из (16) и (19) в уравнение (15) и учитывая величины p_0 и p_1 , в соответствии с выражениями (10), получим общее выражение для ожидаемого количества информации в

ходе параметрического контроля выбросов за время наблюдения T процесса загрязнения [14]

$$I = \log_2 \sqrt{1 + \frac{e^{-\lambda T} (1 - e^{-\lambda T}) + \sigma^2 / \Delta^2}{\alpha(1 - \alpha) + \beta(1 - \beta)}}. \quad (20)$$

Из выражения (20) следует [14, 19, 20]:

1. Количество информации растет, если уменьшаются риски контроля α и β . Кроме этого, анализ подкоренного выражения показывает, что максимум количества информации I_{max} соответствует условию $e^{-\lambda T} = 0,5$ (т. е. $p_0 = p_1$).

2. Количество информации увеличивается при уменьшении параметра нестационарности Δ (скачка математического ожидания процесса $x(t)$).

3. Естественной является прямая зависимость количества информации от дисперсии σ^2 процесса $x(t)$, т. к. при росте дисперсии увеличивается исходная энтропия h_x .

4. Количество информации минимально при безразличном контроле [23], когда риски контроля $\alpha = \beta = 0,5$. В этом случае знаменатель дроби подкоренного выражения (20) максимален и равен 0,5.

5. Следует отметить, что уравнение (20) является частной моделью с ограничениями вида $p_0 \cong p_1$ и условием стационарности потока выбросов на интервале наблюдения T . Однако эта модель вполне может быть использована для выбора оптимального, по максимуму ожидаемой контрольной информации, интервала наблюдения из условия $e^{-\lambda T} = 0,5$, откуда

$$T = -\frac{\ln_2 0,5}{\lambda}. \quad (21)$$

6. В этом случае при неизменных $\sigma^2, \Delta, \alpha, \beta$, количество информации максимально и определяется выражением [19, 21–24]

$$I = \log_2 \sqrt{1 + \frac{0,25 + \sigma^2 / \Delta^2}{\alpha(1 - \alpha) + \beta(1 - \beta)}}. \quad (22)$$

Поскольку риски контроля α и β прямо зависят от погрешностей измерения значений процесса $x(t)$ [5, 16], то уменьшение этих погрешностей вызывает снижение рисков контроля и, следовательно, повышение количества ожидаемой информации.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили целесообразность использования информационных моделей для повышения достоверности контроля дымовых газов теплоэлектростанций. Использование предложенной информационной модели в условиях реконструкции электростанций позволит повысить достоверность и уменьшить риски контроля и более качественно выполнять требования законодательства в области природопользования.

Литература

1. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення : ДСТУ 2389. – [Чинний від 01.07.1995]. – К. : Держстандарт України. – 1994. – 23 с. – (Національний стандарт України).
2. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення : ДСТУ 2865. – [Чинний від 01.01.1996]. – К. : Держстандарт України. – 1995. – 52 с. – (Національний стандарт України).
3. Промислова екологія: навч. посіб. / [С. О. Апостолук, В. С. Джигирей, А. С. Апостолук та ін.]. – К. : Знання, 2005. – 474 с.
4. Кісіль І. С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань : [навч. посібник] / І. С. Кісіль. – Ів.-Франківськ : Вид. «Факел», 2000. – 400 с.
5. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : [навч. посіб.] / Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк. – Вінниця : Велес, 2001. – 219 с.
6. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. / [под ред. В. И. Кузнецова и Е. Ю. Барзиловича]. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.
7. Володарський Е. Т. Статистична обробка даних: [навч. посібник] / Е. Т. Володарський, Л. О. Кошева. – К. : НАУ, 2008. – 308 с.
8. Назаренко Л. А. Підвищення точності непрямих електричних методів вимірювання вологості при використанні метрологічно невизначених, вимірювальних сигналів / Л. А. Назаренко, П. Ф. Щапов // Український метрологічний журнал. – 2006. – № 2. – С. 54-57.
9. Montgomery D. C. Introduction to Statistical Quality Control. / D. C. Montgomery. – New York : John Wiley & sons, 2001. – 796 p.
10. Малайчук В. П. Інформаційно-вимірювальні технології неруйнівного контролю : [навч. посіб] / Малайчук В. П., Мозговий О. В., Петренко О. М. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – 240 с.
11. Малайчук В. П. Інформаційно-вимірювальні технології неруйнівного контролю : [навч. посіб] / Малайчук В. П., Мозговий О. В., Петренко О. М. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – 240 с.
12. Марікуца У. Особливості побудови програмного забезпечення системи моніторингу навколишнього середовища [Електронний ресурс] / У. Марікуца, Б. Березнюк, І. Фармага // Lviv Politechnic National University Institutional Repository – 2011. – С. 31–34. – Режим доступу : <http://ena.lp.edu.ua>.
13. Гихман И. И. Теория случайных процессов / И. И. Гихман, А. В. Скороход. – М. : Книга по требованию, 2012. – 664 с.
14. Любимова Н. А. Контроль загрязняющих выбросов энергетических предприятий с использованием информационного анализа / Н. А. Любимова // Вісник ХНТУ. – 2014. – № 3 (50). – С. 346–349.
15. Соболев В. И. Информационно-статистическая теория измерений. Измерение случайных величин и случайных векторов. Учебное пособие / В. И. Соболев. – М. : МАИ, 2006. – 664 с.
16. Лебедев А. В. Теория вероятностей и математическая статистика: [учебное пособие] / Л. Н. Фадеева, А. В. Лебедев ; под ред. проф. Л. Н. Фадеева. – М. : Рид Групп. – 2011. – 496 с.
17. Кудряшов Б. Д. Теория информации / Б. Д. Кудряшов. – СПб. : Питер, 2009. – 322 с.
18. Душин В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем : [учебник для студ. вузов] / В. К. Душин. – М. : Дашков и К., 2010. – 348 с.
19. Советов Б. Я. Информационные технологии: учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – М. : Высш. шк., 2005. – 263 с.
20. Иванов Ю. П. Информационно-статистическая теория измерений. Методы оптимального синтеза информационно-измерительных систем, критерии оптимизации и свойства оценок: учебное пособие / Ю. П. Иванов, В. Г. Никитин. – СПб. : ГУАП., 2011. – 160 с.
21. Гвоздева Т. В. Проектирование информационных систем / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – М. : Феникс, 2009. – 512 с.
22. Иванов Ю. П. Информационно-статистическая теория измерений / Ю. П. Иванов, Б. Л. Бирюков. – СПб.: ГУАП, 2008. – 160 с.
23. Блинков Ю. В. Основы теории информационных процессов и систем: учебное пособие. / Ю. В. Блинков. – Пенза : ПГУАС, 2011. – 184 с.
24. Vox G. Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment. / G. Vox, A. Luceno. – New York : John Wiley & Sons., 1997. – 327 p.

Статья поступила в редакцию 03.04.2017

Н. О. Любимова

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ВІДХОДАМИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

В даній статті розглядаються актуальність та необхідність проведення паралельної реконструкції схем та підходів при організації контролю викидів та скидань теплоелектростанцій за зміни основних технологічних процесів та переході на нові види енергоносіїв. Такий перегляд та оновлення традиційних схем і технологій контролю особливо необхідні для виконання норм природокористування України за умови входження в Європейську систему. Пропонується використовувати модернізацію вказаних підходів, що базуються на окремих передових технологіях та існуючому досвіді теплоелектростанцій, у рамках сумісних європейських «пілотних» проектів.

Ключові слова: контроль, відходи, теплоелектростанції, реконструкція, норми природокористування, законодавство, співробітництво.

N. Lyubymova

PECULIARITIES OF ORGANIZATION OF CONTROL OF POLLUTION DURING THE RECONSTRUCTION OF THERMAL POWER PLANTS TO ENSURE TECHNOGENIC AND ENVIRONMENTAL SAFETY

This article discusses the relevance and the need for parallel reconstruction schemes and approaches in the organization of the control of emissions and effluents of thermal power stations when changing of main technological processes and the transition to new types of energy. Such a review and update of traditional patterns and technologies of control is particularly necessary for compliance with environmental Sciences of Ukraine entering into the European system. It is proposed to use the modernization of these approaches, using selected advanced technologies and the experience of the existing thermal power plants under the joint European pilot projects.

Keywords: control, waste, power plant, reconstruction, environmental management standards, legislation and cooperation.

УДК 675.6:504

В. М. Шмандій, д. т. н., проф.

Т. М. Алексєєва, к. геогр. н.

О. В. Харламова, к. т. н.

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600**ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ДЕГРАДАЦІЇ
ГРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ В УРБОСИСТЕМІ**

Проведено комплексне дослідження впливу на компоненти довкілля викидів важких металів (Zn, Ni, Cu, Cd, Pb, Fe) шляхом вивчення накопичення їх у ґрунті й листі дерев, кислотної деградації та дегуміфікації ґрунту, ступеня пошкодження листя і хвої рослин. Встановлено, що показники деградації ґрунту корелюють за рівнями техногенної складової екологічної небезпеки. Техногеохімічні ореоли підвищеного накопичення певних інгредієнтів спостерігаються на відносно значних відстанях від джерел викидів. Виявлено залежність ступеня кислотно-лужної деградації ґрунтів від рівня забруднення атмосферного повітря оксидами сірки та азоту. Відмічено максимум накопичення у листі більшості порід дерев саме заліза, що відповідає достатньо високим показникам його викидів техногенними об'єктами. Рекомендовано як індикатори станів екологічної небезпеки взяти тополя та клен, оскільки вони характеризуються найбільшим накопиченням шкідливих речовин. Встановлено кореляцію між просторовим розташуванням ділянок із суттєвими пошкодженнями листя і хвої та зон максимального техногенного навантаження. Науково обґрунтовано доцільність використання стану ґрунтово-рослинного покриву як показника рівня формованої екологічної небезпеки у техногенно-навантаженому регіоні.

Ключові слова: екологічна безпека, ґрунтово-рослинний покрив, важкі метали, деградація ґрунтів, індикатори станів екологічної небезпеки, урбосистема.

Постановка проблеми. Під впливом господарської діяльності у природне середовище надходить значна кількість шкідливих речовин, що суттєво змінює його стан і створює загрозу здоров'ю населення, тобто формує екологічну небезпеку. Актуальним є визначення стану ґрунтово-рослинного покриву як показника рівня формованої екологічної небезпеки у техногенно-навантаженому регіоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [1] розглянуто вплив шкідливих чинників на виникнення хвороб органів дихання. Суттєву загрозу для життя і здоров'я людини, особливо дітей, створюють скидання стічних вод, забруднених патогенними мікроорганізмами. Вони є джерелами виникнення кишкових, вірусних і бактеріальних інфекцій, таких як холера, дизентерія, інфекційний гепатит, поліомієліт та інші [2]. Тому особливого значення набуває моніторинг станів екологічної безпеки, виявлення негативних впливів на здоров'я людей та довкілля і своєчасна реалізація науково обґрунтованих заходів щодо подолання цих впливів.

Важливим показником рівня екологічної небезпеки є стан ґрунтово-рослинного покриву, який активно накопичує техногенні речовини і набуває таких зовнішніх ознак, які не викликають сумніву щодо незадовільної екологічної ситуації в урбоекосистемі. Таким чином, проблема розробки методологічних підходів до залучення індикаційних методів для виявлення стану екологічної безпеки є актуальною та має суттєве наукове і соціальне значення.

Дослідженню екологічних станів ґрунту промислових районів присвячено значну кількість робіт, зокрема [3–5], вплив аеротехногенних

полутантів на рослинність у містах вивчався у [6–8], а в [9] аналізувався показник забруднення атмосферного повітря важкими металами. У цій роботі деградація ґрунтово-рослинного покриву досліджувалася у більш загальному аспекті – як показник стану екологічної небезпеки, яка проявляється у накопиченні важких металів у ґрунті й листі дерев, кислотній деградації та дегуміфікації ґрунту, пошкодженні листя і хвої рослин.

Постановка завдання та його вирішення. Метою дослідження є вивчення деградації ґрунтово-рослинного покриву як складової екологічної небезпеки в урбосистемі.

Як об'єкт дослідження обрано центральну частину Кременчуцької соціально-економічної зони (КСЕЗ), яка є найбільш показовою в аспекті антропогенного впливу на екологічний стан природного середовища і здоров'я населення, де комплексний вплив чинять промисловість та автомобільний транспорт.

Аналіз вмісту сполук важких металів у ґрунтах ми проводили на основі даних санітарно-епідеміологічної служби, у листі дерев – за результатами експериментальної обробки проб.

Оцінка забруднення ґрунту іонами важких металів проведена з допомогою коефіцієнтів їх концентрації

$$K_C = \frac{C}{C_{CP}}, \quad (1)$$

де C – фактичний вміст речовини; C_{CP} – середня фоновая концентрація.

Для оцінки рівня загального забруднення важкими металами використано сумарний показник забруднення ґрунту

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1), \quad (2)$$

де n – кількість розглянутих елементів з $K_c > 1$.

Для вивчення кислотної деградації та дегуміфікації було відібрано зразки ґрунту в точках, що рівномірно розташовані у межах району дослідження на різній відстані від промислових об'єктів і транспортних магістралей з інтенсивним рухом автотранспорту, з певною конфігурацією забудови і ступенем озеленення.

Нами досліджено ступінь пошкодження листя тополі чорної, яка є достатньо поширеною у дослідженому регіоні, за методикою, викладено у [5]. Ступінь антропогенного впливу оцінювали за

мірою пошкодження листя, яка у кожній точці визначалася за середніми показниками. Для оцінки стану хвойних дерев використовували ялину колючу (зелена і блакитна форми). Індекс пошкодження хвої визначали наступним чином

$$I_{\text{пош}} = \frac{L_{\text{пош}}}{L} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $L_{\text{пош}}$ – довжина пошкодженої ділянки хвоїнки; L – загальна довжина хвоїнки.

У дослідженому регіоні основними джерелами надходження важких металів у атмосферне повітря є підприємства промислового комплексу машинобудування й металообробки, зокрема завод дорожніх машин «Кредмаш». Значення коефіцієнтів концентрації відображено на рисунку 1.

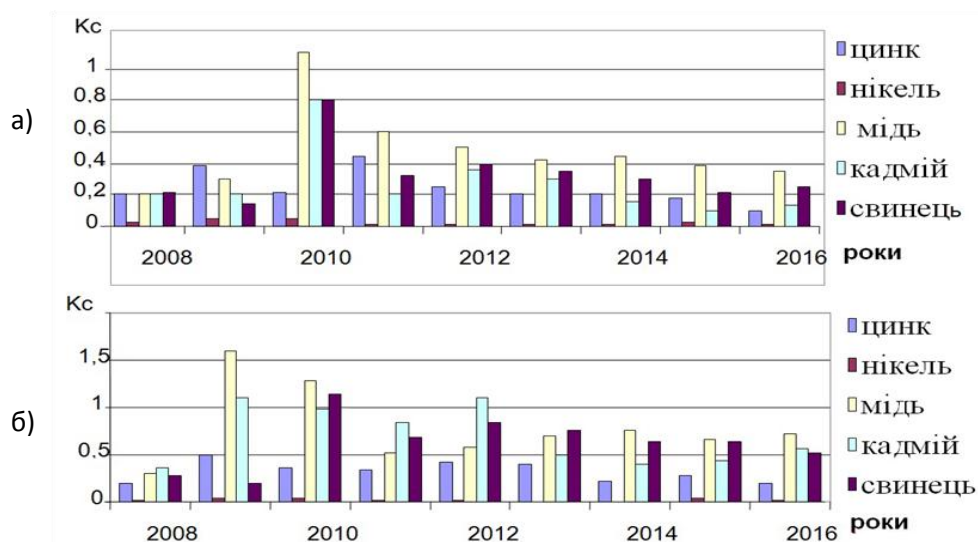


Рисунок 1 – Динаміка зміни у часі коефіцієнтів концентрації важких металів у ґрунті: поблизу джерела викидів (а) і на відстані 1,5–2 км від нього (б)

Як показали результати дослідження, досить високими (у порівнянні з іншими металами) рівнями накопичення характеризується мідь (максимальне значення $K_c = 1,6$). Повітряними потоками шкідливі речовини від джерел викидів поширюються на відстань до 10 км, причому більша їх частина випадає поблизу епіцентру (1...3 км від підприємства). Процес трансформації міді у ґрунті включає такі стадії: перетворення оксидів міді на гідроксиди (карбонати, гідрокарбонати), розчинення останніх і адсорбція катіонів твердою фазою ґрунту, утворення сполук з органічними речовинами ґрунту. Концентрації іонів міді (рис. 1) у ґрунтах поблизу джерел викидів (територія ПАТ «Кредмаш») нижчі, ніж у районі, віддаленому на 1,5...2 тис. м. Так, у 2009 році вміст міді у ґрунті біля джерела у 5 разів нижчий, ніж за його межами. Отже геохімічні ореоли підвищеної контрастності можуть розташовуватися на значній відстані від джерела викиду.

Серед важких металів, що досліджувалися, важливе місце посідає кадмій. Уміст кадмію, як і інших важких металів, у ґрунтах залежить від

складаючих його порід, значне різноманіття яких пов'язане зі складною геологічною динамікою розвитку територій. Основними антропогенними джерелами надходження сполук кадмію у навколишнє середовище в КСЕЗ, крім підприємств аналізованого промислового комплексу є автотранспорт. Кадмій за своїми хімічними властивостями подібний до цинку, але відрізняється від нього вищою рухомістю в кислих середовищах і більшою доступністю для рослин. У ґрунтовому розчині метал наявний у вигляді Cd_{2+} та утворює комплексні іони. Рухомість іонів кадмію у ґрунті залежить від середовища та окисно-відновного потенціалу. Рисунок 1 демонструє, що більш сприятливі умови створюються для розсіювання кадмію, ніж для його накопичення. Так, максимальне значення K_c становить 1,1, але, враховуючи відносно високу його токсичність, можна констатувати негативний вплив на ґрунти урбоєкосистеми КСЕЗ.

Також встановлено, що концентрації цинку і свинцю є незначними ($K_c < 1$). Результати попередніх досліджень демонструють, що цинк

достатньо швидко накопичується у ґрунтах і воді та повільно виводиться з них. На розподіл іонів цинку значно впливають не тільки антропогенні, а й природні чинники. Так, вміст цинку є максимальним на низинах та рівнинах, де відсутня рослинність, а дощова вода у незначній мірі проникає у ґрунт та випаровується. При надходженні на поверхню ґрунту він накопичується у ґрунтовій товщі, особливо у верхньому гумусово-аккумулятивному горизонті, і повільно видаляється завдяки ерозії, вилугуванню та поглинанню рослинами. Слід зауважити, що серед важких металів свинець є найменш рухливим. За високих показників рН розчинність свинцю знижена. За таких умов він осаджується у ґрунтах у вигляді гідроксиду, фосфату, карбонату. Характерна локалізація свинцю в поверхневому горизонті пов'язана здебільшого із накопиченням органічної речовини. Гумусово-аккумулятивний горизонт відіграє роль сорбційного геохімічного бар'єру, на якому осаджуються важкі метали, у тому числі й свинець. Слід відмітити, що має місце дещо підвищений вміст свинцю у 2010 році (рис. 1), що, можливо, пояснюється дією природних чинників: значна спека та посушливість, що створювало несприятливі умови для міграції сполук і спричиняло їх накопичення у ґрунті.

З метою визначення загального стану екологічної небезпеки при забрудненні важкими металами за формулою (2) визначені сумарні показники забруднення ґрунту Z_c . Встановлено, що протягом періоду досліджень (2008–2016 роки) стан є задовільним (максимальний показник $Z_c = 1,7$), що свідчить про незначний рівень забруднення навколишнього середовища. На інтенсивність міграції

важких металів впливають властивості ґрунту, у тому числі кислотно-лужні умови, які, у свою чергу, залежать від ступеня забруднення атмосферного повітря оксидами сірки і азоту. Результати наших досліджень свідчать про кислотну деградацію ґрунту на найбільш антропогенно навантажених ділянках – поблизу автомагістралей, де має місце значний рівень забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами. Ситуація погіршується через незадовільну провітрюваність вулиць та недостатню кількість зелених насаджень. У середині житлової забудови показник рН характеризується меншим відхиленням від норми. Так, у 19 % замірів виявлено підвищення кислотності ґрунту до показників 5,4...5,5, що відповідає категорії «слабко-кислі ґрунти». У значній частині району дослідження показник рН знаходиться у межах 5,5...6,0 (ґрунти категорії «близькі до нейтральних»). Характеристику рН ґрунтах дослідження відображено на рисунку 2.

Підвищення показника кислотності ґрунту негативно впливає на його властивості, пригнічує діяльність мікроорганізмів, тому процеси мінералізації та гуміфікації гальмуються. Паралельно у ґрунті відбувається декальцинація, яка також спричиняє втрату гумусу. Результати визначення гумусності ґрунтів центральної частини КСЄЗ показали, що вміст гумусу в них у 2...4 рази нижчий, ніж у фонових районах, що свідчить про його залежність від антропогенних (позиційність джерел забруднення атмосферного повітря і природних вод) та природних (напрямок вітру, кількість атмосферних опадів, особливості рельєфу, механічний склад ґрунту, тип рослинності тощо) чинників.

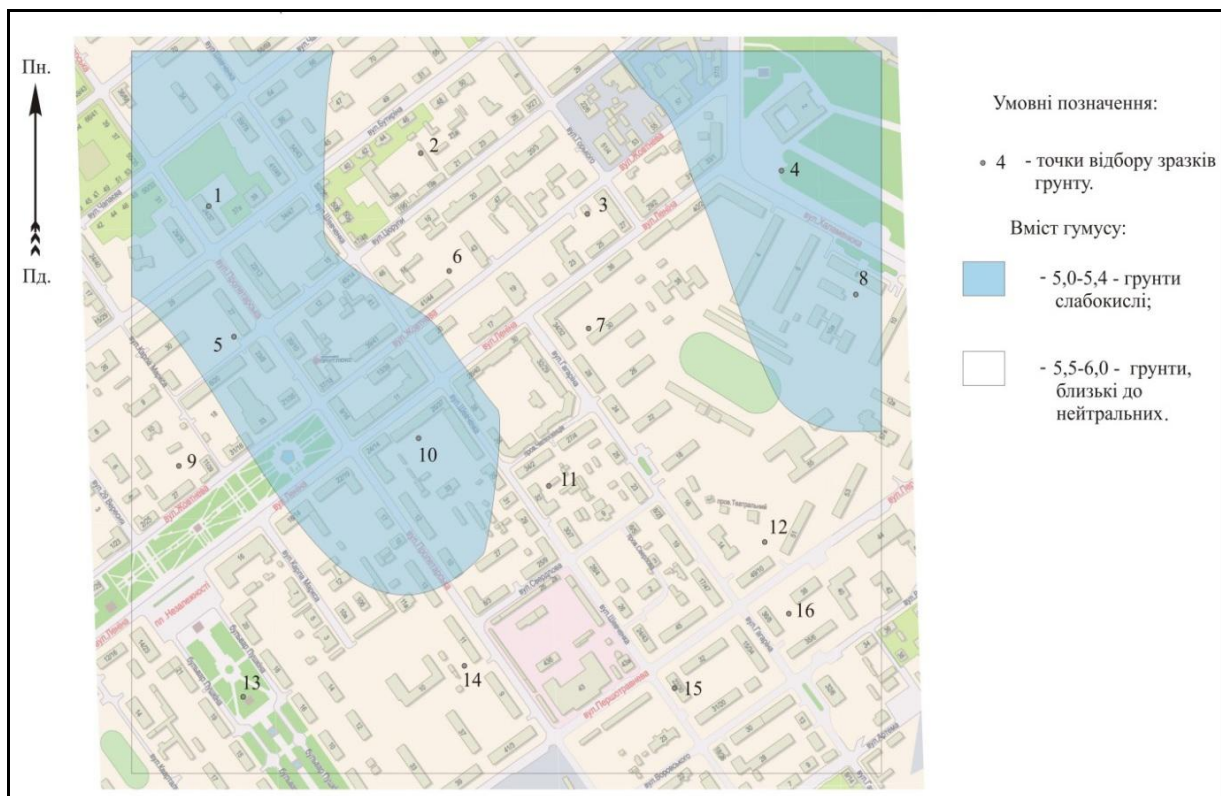


Рисунок 2 – Характеристика рН ґрунту в центральній частині КСЄЗ

Для оцінки рівня накопичення важких металів листям дерев у районі досліджень проведено визначення значень коефіцієнтів місцевого нако-

пичення важких металів, що являє собою відношення їх фактичних концентрацій до відповідних фонових показників, що відображено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Послідовність розподілу важких металів за величиною коефіцієнтів їх концентрації в листі різних порід дерев

Робінія псевдоакація: Fe < Pb < Cu < Mn	Черемха пізня: Fe < Pb, Cu < Mn
Шовковиця чорна: Fe, Cu < Pb < Mn	Береза бородавчата: Pb < Fe < Cu < Mn
Абрикос звичайний: Fe < Pb < Cu < Mn	Вишня звичайна: Pb < Fe < Cu < Mn
Тополя канадська: Fe < Cu < Mn < Pb	Клен ясенелистий: Fe < Pb < Mn < Cu
Чубушник звичайний: Fe < Pb < Cu < Mn	Клен гостролистий: Fe < Pb < Cu < Mn
Горобина звичайна: Fe, Pb < Cu < Mn	Верба вавилонська: Pb < Cu < Fe < Mn

Найвищий ступінь накопичення (див. табл. 1) характерний для заліза, що пояснюється його значною наявністю у промислових викидах підприємств аналізованого промислового комплексу. Більша частина видів дерев (75 %) накопичує залізо у кількості, що перевищує фонові показники. Найбільший вміст його спостерігається для тополі канадської ($K_c = 2,6$), кленів ясенелистого ($K_c = 2,2$) та гостролистого ($K_c = 2,3$). Низький ступінь накопичення заліза притаманний вишні ($K_c = 0,8$), горобині ($K_c = 0,7$), вербі вавилонській ($K_c = 0,4$).

На відміну від заліза, марганець слабо накопичується у листі дерев, за виключенням кленів ясенелистого ($K_c = 1,5$) і гостролистого ($K_c = 1,4$), що пояснюється його слабкою рухливістю у ґрунтах. Найнижчі показники ($K_c = 0,2$) спостерігаються для черемхи пізньої й чубушника звичайного.

Найвищий вміст міді виявлений для: клена гостролистого ($K_c = 1,7$), шовковиці чорної ($K_c = 1,6$), клена ясенелистого ($K_c = 1,4$), робінії псевдоакації ($K_c = 1,2$). У листі горобини вміст міді

зафіксовано на рівні фонові концентрації. Для інших видів дерев коефіцієнт концентрації коливається у межах від 0,6 до 0,9. Інтенсивність надходження міді у рослини залежить від рН, вмісту гумусу. Частина іонів міді у ґрунтах, міцно пов'язана з гумусовими кислотами, є нерухомою, тому не поглинається рослинами.

Вміст свинцю загалом є незначним. Найвищі рівні накопичення характерні для кленів ясенелистого ($K_c = 1,9$) і гостролистого ($K_c = 1,8$), вишні звичайної ($K_c = 1,8$), берези бородавчатої ($K_c = 1,4$). Решта рослин (шовковиця чорна, абрикос звичайний) містить свинець у фонових кількостях.

Для визначення інтегрованого рівня забруднення листя дерев важкими металами визначено сумарний показник забруднення (див. рис. 3). Найвище значення цього параметра характерне для кленів гостролистого ($Z_c = 4,2$) і ясенелистого ($Z_c = 4$), що, у порівнянні з приведеними раніше дослідженнями, свідчить про невисокий рівень забруднення природного навколишнього середовища [10].

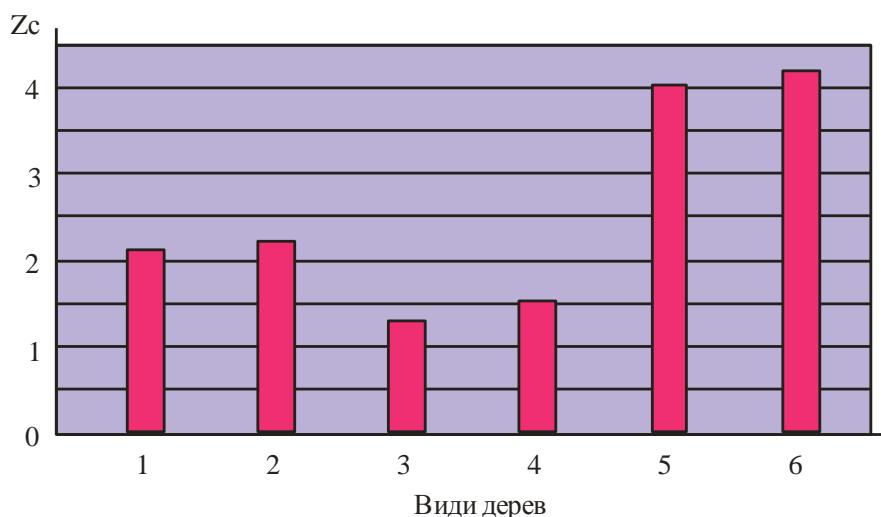


Рисунок 3 – Сумарний показник забруднення рослинності важкими металами центральної частини КСЄЗ:

1 – робінія псевдоакація; 2 – шовковиця чорна; 3 – абрикос звичайний; 4 – береза бородавчата; 5 – клен ясенелистий; 6 – клен гостролистий

Нами проведено порівняння показників концентрацій важких металів у листі дерев із гранично-допустимими концентраціями. Одержані результати підтвердили, що найбільші пере-

вищення ГДК характерні для міді. Приблизно третина дослідженого матеріалу характеризується вмістом міді у 1,1...1,5 ГДК. Для марганцю і свинцю перевищення ГДК не виявлено.

В цілому показники K_c і кратність перевищення до ГДК якісно корелюють: обидва показники мають максимальні значення для заліза і міді. Але слід відмітити, що значення K_c дещо більші, ніж кратність перевищення: для міді – у 1,1, для марганцю і заліза – майже у 2, для свинцю – у 3 рази.

Максимальне перевищення ГДК спостерігалось для кленів ясенелистого та гостролистого за міддю – у 1,20 і 1,50 разу, за залізом – у 1,20 разу відповідно. Решта дерев накопичувала в листі один з важких металів (мідь або залізо) у кількостях, вищих за ГДК. Так, листя робінії псевдоакації, шовковиці чорної, кленів ясенелистого та гостролистого містило мідь у кількостях, що перевищували ГДК у 1,1...1,5 разу. Накопичення заліза для тополі канадської характеризується перевищенням ГДК у 1,3 разу.

Нами досліджено пошкодження листя на прикладі тополі чорної (див. рис. 4).

Ділянка з максимальним пошкодженням листя розташована в зоні впливу автомагістралі з інтенсивним рухом транспорту. Негативний вплив на біоту підсилюється наявністю багатопверхової забудови, незначною провітрюваністю вулиць, що гальмує розсіювання відпрацьованих газів автомобілів. У північно-східній та західній частинах району, де автомобільне навантаження нижче, ступінь пошкодження листя не перевищує 5 %.

Паралельно вивчався екологічний стан голонасінних рослин, який оцінювався за площею хвоїнок, охоплених некрозом. Значення індексу пошкодження хвої наведено у таблиці 2.

Максимальне значення індексу пошкодження хвої (52 %) виявлено у місцях інтенсивного техногенного навантаження (поблизу ПАТ «Кредмаш» і вулиць з інтенсивним автомобільним рухом). Вказаний індекс для хвої перевищує такий для листя тополі чорної, що пояснюється біологічними особливостями листяних і хвойних порід дерев.

Аналіз результатів для різних сторін крони дерева виявив закономірності пошкодження хвої: найвищий рівень пошкодження спостерігався з того боку, де мав місце найбільший вплив атмосферного забруднення. Наприклад, для рослинності на вулицях Соборній (точка 1) та Херсонській (точка 4) найвище значення індексу пошкодження хвої є характерним для північної (13,8 %) та східної (43,5 %) сторін крони.

Слід зауважити, що у центральній частині району дослідження, де спостерігався максимальний ступінь пошкодження листя тополі чорної, відібрані зразки хвої також свідчать про підвищений техногенний тиск, що говорить про однотипність впливу антропогенних чинників на стан листяних і хвойних рослин.

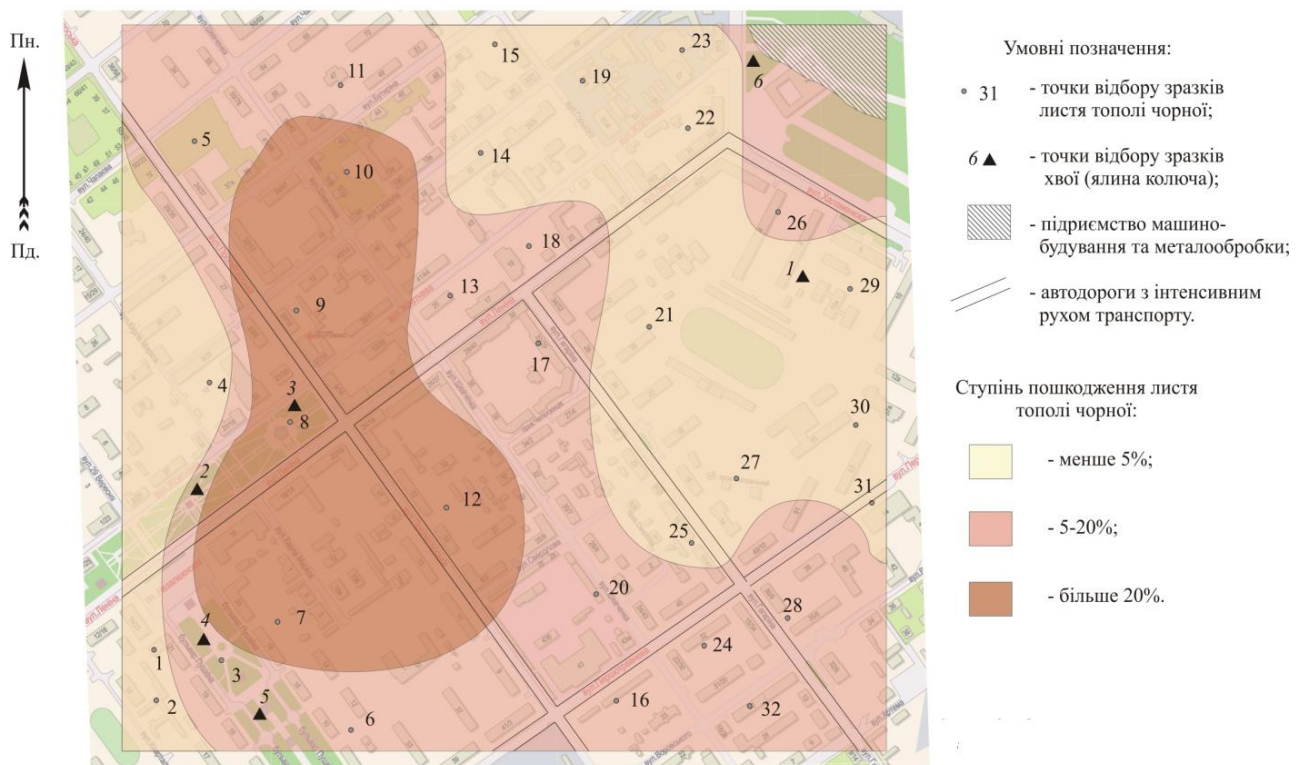


Рисунок 4 – Кореляція між просторовим розташуванням ділянок з різним ступенем пошкодження листя її хвої та зон техногенного навантаження

Таблиця 2 – Індекс пошкодження хвої (%) ялини колючої у центральній частині КСЕЗ

Сторона крони дерева	Місце відбору проб (позначені на рис. 5)					
	1	2	3	4	5	6
Північна	13,8	0	15,0	10,0	4,0	51,9
Південна	8,7	4,0	50,0	5,0	5,0	22,0
Західна	4,0	0	0	0	0	30,0
Східна	43,5	6,3	10,0	5,0	0	40,0

Висновки.

1. Виявлено основні джерела формування екологічної небезпеки (промислові об'єкти та автотранспорт) у досліджуваному регіоні (центральної частині Кременчуцької соціально-економічної зони) щодо надходження важких металів у довкілля.

2. З метою аналізу деградації ґрунтово-рослинного покриву урбоєкосистеми проведено комплексне дослідження впливу на компоненти довкілля викидів конкретних важких металів (Zn, Ni, Cu, Cd, Pb, Fe) шляхом вивчення накопичення їх у ґрунті й листі дерев, кислотної деградації та дегуміфікації ґрунту, ступеня пошкодження листя і хвої рослин.

3. Встановлено, що показники кислотної деградації та дегуміфікації ґрунту корелюють за рівнями техногенної складової екологічної небезпеки: максимальна деградація спостерігається поблизу автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту та промислових джерел. Техногеохімічні ореоли підвищеного накопичення певних інгредієнтів (зокрема міді) спостерігаються також на відносно значних відстанях від джерел викидів. Виявлено залежність ступеня кислотно-лужної деградації ґрунтів від рівня забруднення атмосферного повітря оксидами сірки та азоту. Враховуючи здатність ґрунту до адсорбції

техногенних речовин, висловлено припущення щодо погіршення стану екологічної небезпеки в перспективі.

4. За результатами порівняння ступеня накопичення важких металів у листі різних порід (вивчено 10 видів) відмічено максимум накопичення більшістю порід саме заліза, що корелює з достатньо високими показниками його викидів техногенними об'єктами у досліджуваному регіоні. Зроблено висновок про рекомендацію як тест-об'єкта таких порід як тополя та клен, оскільки вони характеризуються найбільш інтенсивним накопиченням шкідливих речовин.

5. Встановлено кореляцію між просторовим розташуванням ділянок, що характеризуються найбільшими значеннями показників пошкодження листя тополі чорної і хвої ялини колючої, які сягають 20–22 і 50 % відповідно, та зон максимального техногенного навантаження, зокрема транспортних магістралей з інтенсивним транспортним рухом.

6. Резюмуючи, відзначаємо, що за результатами дослідження науково обґрунтовано доцільність використання ступеня деградації ґрунтово-рослинного покриву як показника стану формованої екологічної небезпеки у техногенно навантаженому регіоні.

Література

1. Шмандій, В. М. Теоретичні та практичні аспекти управління екологічною безпекою на основі антропоцентричного підходу / В. М. Шмандій, О. В. Харламова // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2013. – Вип. 9. – № 1070. Серія «Екологія». – С. 24–30.
2. Іванова О. І. Якість питної води різних джерел водопостачання та її вплив на стан здоров'я дитячого населення Брусилівського району / О. І. Іванова, В. Н. Корзун // Гігієна населених місць. – 2010. – № 56. – С. 104–108.
3. Волкова Т. П. Аналіз та оцінка впливу промислових підприємств на забруднення ґрунтів Донецької області / Т. П. Волкова, Ю. С. Попова, К. В. Волкова // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. – 2005. – Т. 2. – С. 134–142.
4. Добровольский В. В. Миграционные формы и миграция масс тяжелых металлов в биосфере / В. В. Добровольский. – К. : Наукова думка, 2006. – 140 с.
5. Алексеева Т. М. Стан ґрунтового покриву як індикатор екологічної небезпеки / Т. М. Алексеева, Т. Ф. Козловська, Л. А. Безденежних // Екологічна безпека. – 2011. – Вип. 1 (10). – С. 73–77.
6. Лукаревская Т. В. Растения в условиях города. Біологія / Лукаревская Т. В. – К. : Первое сентября, 2007. – № 8. – С. 32–39.
7. Алексеева Т. М. Дослідження техногенного впливу на рослинний покрив міста Кременчука / Т. М. Алексеева // Людина та довкілля. Проблеми неоекології : науковий журнал Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2013. – № 1–2. – С. 127–133.

8. Алексеева Т. М. Біоіндикація як метод екологічної оцінки стану природного навколишнього середовища / Т. М. Алексеева // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – Випуск 2 (85). – С. 166–171.
9. Алексеева Т. М. Ґрунтово-рослинний покрив як показник забруднення атмосферного повітря важкими металами / Т. М. Алексеева // Український гідрометеорологічний журнал. – 2014. – Вип. 14. – С. 16–22.
10. Ерофеева Е. А. Взаимосвязь физиолого-морфологических показателей листовой пластинки березы повислой с содержанием в ней тяжелых металлов / Е. А. Ерофеева, М. М. Наумова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И.Лобачевского. – 2010. – № 1. – С.140–144.

Стаття надійшла до редакції 03.04.2017

В. М. Шмандий, Т. Н. Алексеева, Е. В. Харламова

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В УРБОСИСТЕМЕ

Проведено комплексное исследование влияния на компоненты окружающей среды выбросов тяжелых металлов (Zn, Ni, Cu, Cd, Pb, Fe) путем изучения накопления их в почве и листьях деревьев, кислотной деградации и дегумификации почвы, степени повреждения листьев и хвои растений. Установлено, что показатели деградации почвы коррелируют по уровням техногенной составляющей экологической опасности. Техногеохимические ореолы повышенного накопления определенных ингредиентов наблюдаются на относительно больших расстояниях от источников выбросов. Выявлена зависимость степени кислотно-щелочной деградации почв от уровня загрязнения атмосферного воздуха оксидами серы и азота. Отмечен максимум накопления в листьях большинства пород деревьев именно железа, что соответствует достаточно высоким показателям его выбросов техногенными объектами. Рекомендовано в качестве индикаторов состояний экологической опасности взять тополь и клен, поскольку они характеризуются наибольшим накоплением вредных веществ. Установлена корреляция между пространственным расположением участков с существенными повреждениями листьев и хвои и зон максимальной техногенной нагрузки. Научно обоснована целесообразность использования состояния почвенно-растительного покрова в качестве показателя уровня формируемой экологической опасности в техногенно нагруженном регионе.

Ключевые слова: экологическая безопасность, почвенно-растительный покров, тяжелые металлы, деградация почв, индикаторы состояний экологической опасности, урбосистема.

V. Shmandiy, T. Alekseeva, E. Kharlamova

CHARACTERISTICS OF ECOLOGICAL DANGER OF METRICS DEGRADATION OF LAND COVER IN URBAN SYSTEM

A comprehensive study of the impact on the environment component of emissions of heavy metals (Zn, Ni, Cu, Cd, Pb, Fe) by examining their accumulation in the soil and leaves of trees, where acid degradation and dehumification of soil, extent of damage the leaves and needles of plants. It is established that soil degradation rates correlate with the levels of man-made component of ecological danger. Tehnogeochemical halos increased accumulation of certain ingredients observed at relatively large distances from emission sources. The dependence degree of the acid-alkaline soil degradation on the level of air pollution by oxides of sulfur and nitrogen is determined. The maximum accumulation of iron in the leaves of most trees is admitted that corresponds to its relatively high emissions of man-made objects. As the status indicators of ecological danger poplar and maple are recommended as they are characterized by the accumulation of harmful substances. A correlation between the spatial locations of areas with the significant damage of the leaves and needles and zones of maximum anthropogenic impact is defined. The feasibility of using the state of soil and vegetation as an indicator of ecological danger in the technologically laden region is scientifically proved.

Keywords: ecological safety; ground-cover plants; heavy metals; soil degradation; indicators of ecological danger status; urban system.

В. А. Андронов, д. т. н., проф., проректор
Г. В. Іванець, к. т. н., доц., доц. каф.
В. Д. Калугін, д. т. н., проф., проф. каф.
В. В. Тютюник, д. т. н., с. н. с., нач. лаб.
 Національний університет цивільного захисту України
 вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ, ЯКА ВКЛЮЧАЄ АВТОМАТИЗОВАНІ ПРИСТРОЇ КОНТРОЛЮ ТА БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ

Розглянуто науково-технічні основи системи моніторингу динаміки меж зон екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек. Система характеризується тим, що для підвищення оперативності моніторингу сумісно застосовуються безпілотні літальні апарати та наземні автоматизовані пристрої контролю факторів екологічної небезпеки. Доставка наземних пристроїв контролю у зону екологічного забруднення виконується безпілотними літальними апаратами.

Ключові слова: екологічна небезпека, потенційно небезпечні об'єкти, моніторинг зони екологічного забруднення, безпілотні літальні апарати, автоматизовані пристрої контролю факторів екологічної небезпеки.

Постановка проблеми. Розв'язання проблеми ефективного попередження та ліквідації на локальній території зон екологічного забруднення [1–7] невід'ємно пов'язано з особливостями функціонування системи моніторингу (див. рис. 1) у вигляді

класичного контуру управління [8–12] та з розробкою науково-технічних основ комплексної системи виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення екологічної небезпеки [13–16].

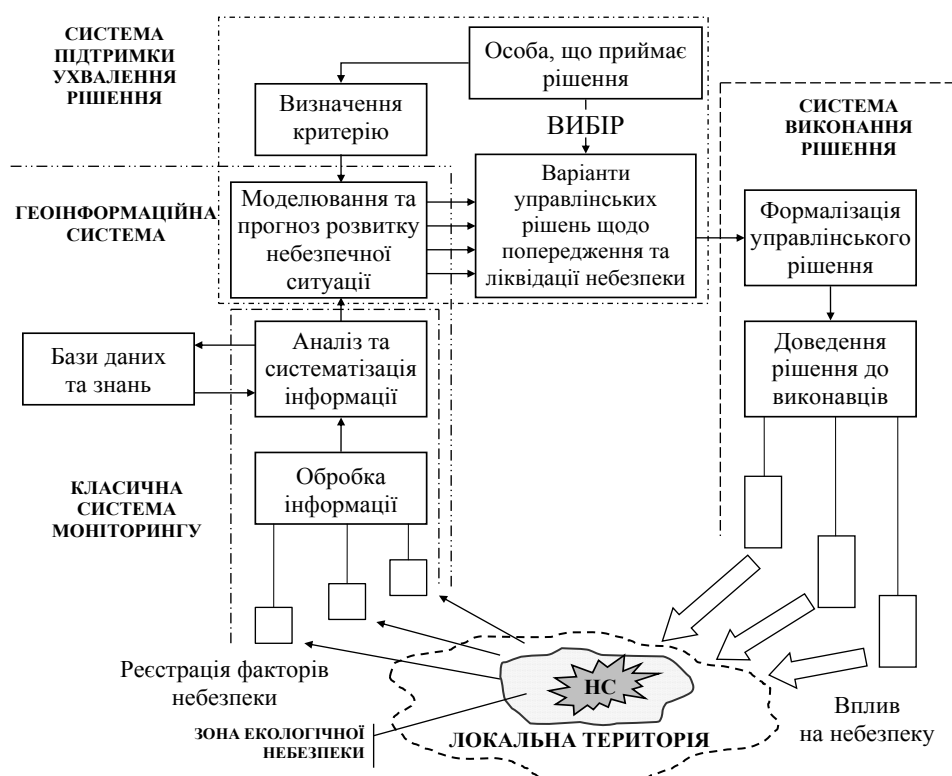


Рисунок 1 – Схема структури моніторингу локальної території як засобу управління

Одним з перспективних напрямків розв'язання цієї проблеми є контроль стану локальної території за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та наземних засобів безперервного отримання у реальному масштабі часу, інформації про рівень дії небезпечних факторів та оперативного прогнозування

розмірів зон НС техногенного характеру та екологічного забруднення, а також обстановки в них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У рамках проведеного з глибиною пошуку до десяти років аналізу винахідницько-дослідницької діяльності [17–20] відомі технічні рішення визначення границь зон небезпек, які для розташування

засобів контролю факторів небезпеки використовують космічні засоби встановлення місцезнаходження та розділяються за використанням повітряних і наземних рухомих платформ.

При використанні повітряних рухомих платформ відомі корисні моделі: БПЛА малого розміру для моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф, а також літака для повітряного моніторингу стану довкілля [17].

БПЛА малого розміру для моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф обладнаний засобами моніторингу, які включають навігаційне обладнання, радіопеленгатор, тепlopеленгатор і телекамеру, сполучені через бортовий комп'ютер із прийнятно-передавальною антеною GPS, «ГЛОНАС» або стільникового зв'язку для передачі результатів моніторингу на центральний пункт управління літальним апаратом.

Літак для повітряного моніторингу стану довкілля обладнаний, як мінімум, одним засобом для моніторингу довкілля, який встановлено під крилом літака.

Недоліками використання повітряних рухомих засобів моніторингу зони екологічного забруднення у рамках відомих технічних реалізацій, проаналізованих у роботі [17], є те, що під час виникнення масштабної небезпеки для охоплення необхідного обсягу точок вимірювання є потреба у використанні декількох (залежно від розмірів зони) літаків з організацією окремих каналів управління їх польотом і каналів передачі телеметричної інформації від засобів моніторингу. При реалізації режиму безперервного отримання у реальному масштабі часу інформації про стан зони враження цей спосіб моніторингу вимагає збільшення у два-три рази кількості літаків і засобів контролю, якими вони обладнані, їх обслуговування, обладнання паливом і проведення ремонтних робіт. Крім того, виникає утруднення при управлінні БПЛА під час їх перебування у зонах поганої видимості (які виникають під впливом дій небезпечних факторів), у нічний час, у разі погіршення погодних умов, а також за необхідності проведення контролю небезпечних факторів біля поверхні Землі.

При використанні наземних рухомих платформ відомі: спосіб визначення меж зон НС [18] і спосіб оперативного визначення епіцентрів, зміни меж зон НС і одержання оперативної інформації щодо прогнозування виникнення нових ризиків [19].

Спосіб визначення меж зон НС [18] застосовує наземні рухомі засоби та геостационарні супутники. Точки вимірювання встановлюються за допомогою наземних рухомих і геостационарних супутників, точки вимірювання переміщуються за допомогою наземних рухомих засобів.

Спосіб оперативного визначення епіцентрів, зміни меж зон НС та одержання оперативної інформації щодо прогнозування виникнення нових ризиків [19] застосовує наземні рухомі засоби з контрольно-вимірювальними засобами та засоби електрозв'язку, а також диспетчерський пункт і

супутникові засоби із засобами електрозв'язку та електронно-обчислювальними засобами. Визначають зони НС та зміну факторів небезпеки за допомогою наземних рухомих засобів з контрольно-вимірювальними засобами, які передають інформацію про наслідки НС до диспетчерських пунктів за допомогою засобів електрозв'язку через супутникові засоби.

Недоліками використання наземних рухомих засобів моніторингу зони екологічного забруднення у рамках відомих підходів [18, 19] є те, що під час моніторингу неможливо охопити вимірюванням потрібний обсяг точок вимірювання у зоні небезпеки, оскільки не всі точки є доступними для вимірювання. Крім того, реалізація цих підходів не забезпечує оперативного одержання потрібних обсягу й точності інформації.

Найбільш близьким технічним рішенням до проблеми розробки науково-технічних основ системи моніторингу на локальній території динаміки зміни меж зон екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек є спосіб оперативного визначення ризиків НС [20]. Цей спосіб передбачає за допомогою наземних рухомих засобів з контрольно-вимірювальними пристроями визначати зони НС та зміну факторів небезпеки. Роль наземних рухомих засобів можуть відігравати транспортні засоби, а також окремі (піші) патрульні. Для надання інформації до диспетчерських пунктів на пряму та через супутникові засоби про наслідки НС застосовують засоби електрозв'язку. Для аналізу динаміки подій, що виникають у процесі тривання НС та підвищення оперативності збору інформації, повітряні рухомі засоби обладнують контрольно-вимірювальними й електронно-обчислювальними засобами з електронно-картографічними програмами, засобами радіонавігації й електрозв'язку.

Недоліками описаного вище способу оперативного визначення ризиків НС [20] є те, що можливості реалізації режиму безперервного у реальному масштабі часу оперативного одержання потрібного обсягу інформації про епіцентри та зміни меж зон небезпек обмежені можливостями використання (патрулювання) особового складу підрозділів. Крім того, термін моніторингу обмежується терміном перебування літака у повітрі, що потребує використання декількох літаків, які обладнані ідентичними контрольно-вимірювальними й електронно-обчислювальними засобами з електронно-картографічними програмами, засобами радіонавігації й електрозв'язку.

Постановка завдання та його розв'язання. Метою цієї роботи є розвиток науково-технічних основ для реалізації оперативного моніторингу за зміною меж зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек, за рахунок об'єднаного застосування БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів небезпеки, де доставка наземних пристроїв контролю у зону небезпеки виконується БПЛА.

Мета роботи досягається тим, що безперервний та тривалий у реальному масштабі часу оперативний моніторинг за зоною екологічного забруднення здійснюється за рахунок: а) сумісного об'єднання у систему моніторингу БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів небезпеки; б) оперативної доставки наземних мобільних пристроїв контролю у зону забруднення БПЛА; в) створення в зоні та в її околиці тимчасової (на період ліквідації небезпеки) контрольною мережі з автоматизованих наземних мобільних пристроїв контролю; г) отримання й обробки інформації від наземних мобільних пристроїв контролю диспетчерським пунктом, розташованим на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та

біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та ін.) [17].

Функціональну схему системи оперативного моніторингу за зміною меж зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек представлено на рисунку 2, де: 1 – наземний рухомий центр моніторингу; 2 – територія, на якій виникла НС техногенного характеру, від дії якої сформувалася зона екологічного забруднення; 3 – БПЛА; 4 – наземний автоматизований пристрій контролю небезпечних факторів; 5 – супутникові засоби GPS навігації; 6 – зона екологічного забруднення від НС техногенного характеру; 7 – парашути для спускання n-ї кількості пристроїв контролю.

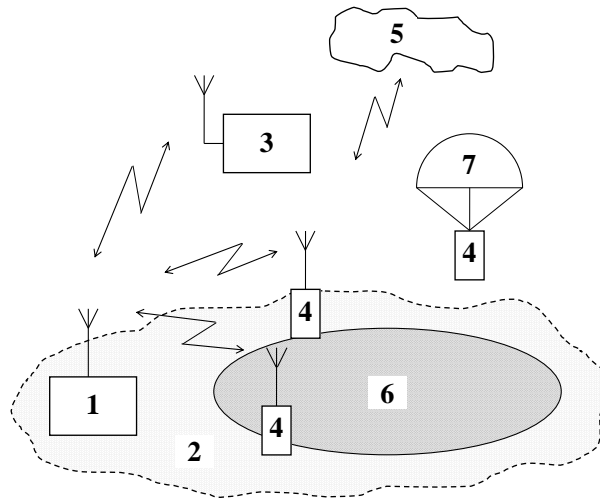


Рисунок 2 – Комплексна функціональна схема системи оперативного моніторингу за зміною меж зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек, з доставкою автоматизованих пристроїв контролю безпілотними літальними апаратами [17]

Наземний автоматизований пристрій контролю 4, схему якого представлено на рисунку 3, а, включає: 4.1. – контрольно-вимірювальний блок, який залежно від небезпеки змінюється на необхідний комплект, з відповідними датчиками контролю; 4.2 – блок відеоспостереження; 4.3 – блок встановлення місця знаходження; 4.4 – блок корегування місця положення мобільного пристрою на поверхні Землі; 4.5 – блок ручного корегування роботи мобільного пристрою; 4.6 – блок зберігання інформації; 4.7 – блок індикації; 4.8 – мікроконтроллер; 4.9 – блок живлення; 4.10 – блок радіозв'язку; 4.11 – антена.

Наземний рухомий центр моніторингу 1, схему якого подано на рисунку 3, б, включає: 1.1 – комп'ютеризовану аналітичну систему прогнозу границь зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек на об'єктах локальної території, які можуть потрапити під вплив небезпечних факторів, що виникли; 1.2 – контрольно-вимірювальний блок; 1.3 – блок метеорологічного контролю; 1.4 – блок встановлення місця знаходження наземного рухомого центру моніторингу; 1.5 – блок керування рухом повітряної рухомої платформи; 1.6 – блок отримання й

аналізу інформації від наземних мобільних пристроїв про рівень небезпеки у зоні екологічного забруднення; 1.7 – блок збереження інформації; 1.8 – блок старту повітряної рухомої платформи; 1.9 – блок радіозв'язку; 1.10 – антenu.

Оперативність доставки у зону екологічного забруднення 6 необхідної, залежно від фактичної обстановки, що склалася у зоні, комбінації із засобів контролю факторів небезпеки з відповідними датчиками контролю 4 вирішується за рахунок, відповідно до рисунку 4, технічної реалізації електромеханічного пристрою, де: утримання та скидання корисного вантажу реалізується за рахунок розташування котушки індуктивності у горизонтальній площині й тангенціально до осі руху БПЛА, а також нанизування корисного вантажу на металевий стержень, який рухається всередині котушки індуктивності, за умов подачі на її вхід електричного сигналу; формування команди на скидання виконується безпосередньо на БПЛА шляхом автоматичного аналізу інформації від бортової системи навігації; розташування пристрою як з низу фюзеляжу, так і під крилами БПЛА [21].

Представлений на рисунку 4 електромеханічний пристрій для скидання з БПЛА 3 у зону екологічного забруднення 6 автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів 4 містить: 3.1 – корпус пристрою для скидання з БПЛА автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів; 3.2 – блок управління процесом скидання.

Всередині корпусу 3.1 знаходяться: 3.1.1 – елементи кріплення електромеханічного пристрою до корпусу БПЛА; 3.1.2 – металеві пластини із

зазором між ними (на них монтується електромеханічні елементи пристрою); 3.1.3 – прокладка ущільнювача; 3.1.4 – металевий стержень для утримання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.1.5 – корпус котушки індуктивності для її кріплення до металевих пластин 3.1.2; 3.1.6 – елементи кріплення котушки індуктивності до металевих пластин 3.1.2; 3.1.7 – котушка індуктивності; 3.1.8 – зворотна пружина.

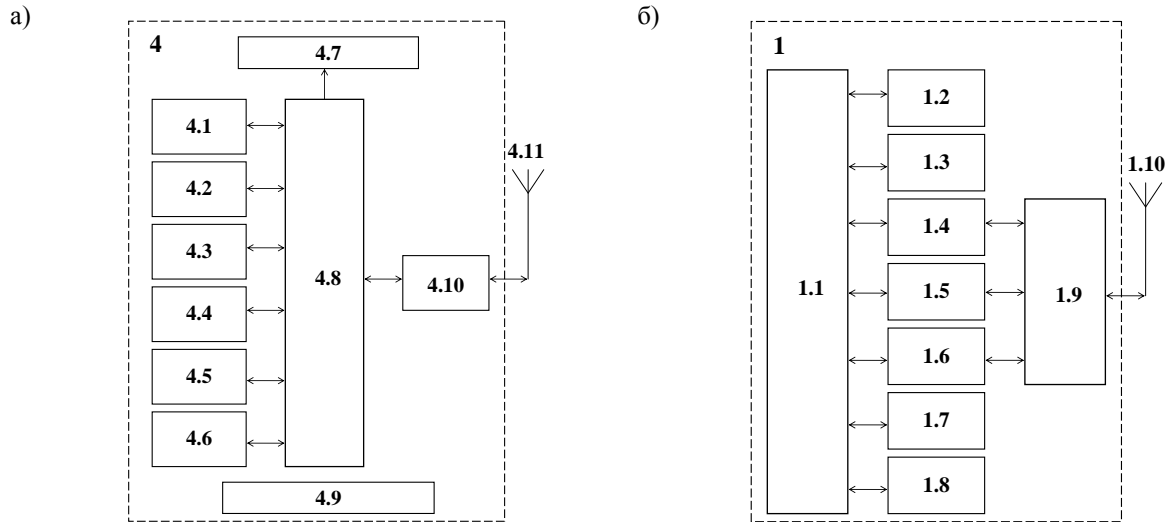


Рисунок 3 – Функціональні схеми: а) наземного автоматизованого пристрою контролю небезпечних екологічних факторів; б) наземного рухомого центру моніторингу [17]

Блок управління процесом скидання 3.2 містить: 3.2.1 – антена; 3.2.2 – блок бортової системи навігації; 3.2.3 – блок оцінки поточного місця знаходження БПЛА та видачі команди на скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.4 – блок формування відповідного електричного сигналу на скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.5 – блок

примусової (оператором у ручному режимі) видачі команди на скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.6 – блок введення та зберігання географічної інформації про точку (зону) скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.7 – перетворювач для живлення блока 3.2.4 для скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів.

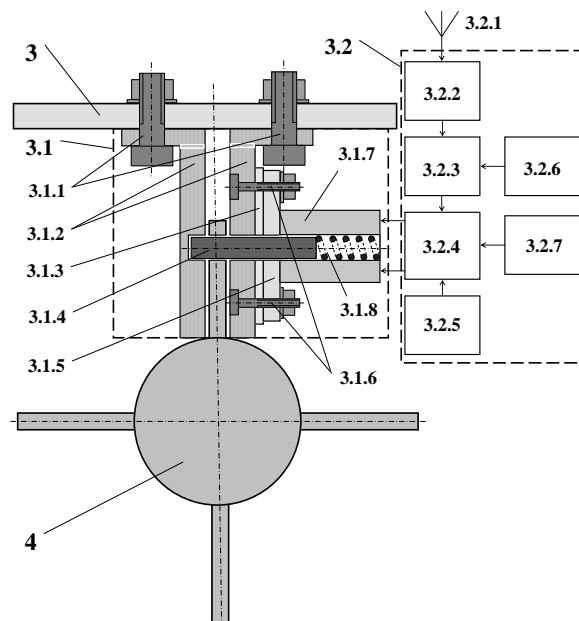


Рисунок 4 – Електромеханічний пристрій для скидання з БПЛА у зону екологічного забруднення автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів

Наведений у роботі підхід для оцінки ефективності покриття території 6 автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів 4 при їх розкиданні з БПЛА реалізовано за умов, що апарат 3 здатний зависати над точкою скидання та проводити скидання пристроїв 4 з малих висот [22]. В цьому випадку відхиленнями від центру точки скидання пристроїв можна знехтувати. Кожен автоматизований пристрій, який доставлено у зону 6, контролює територію у вигляді окружності з радіусом $R_{\text{Контр}}$. Задача розв'язується шляхом апроксимації кожної зони контролю вписаними квадратами зі стороною $A_{\text{Контр}} = R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}$, а території екологічного забруднення – прямокутником зі сторонами A і B (див. рис. 5).

Необхідну кількість автоматизованих пристроїв контролю 4, яку необхідно скинути з БПЛА 3 для покриття території 6, можна оцінити як

$$N = N_X N_Y = \frac{AB}{2R_{\text{Контр}}^2}, \quad (1)$$

де $N_X = \frac{B}{R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}}$ – необхідна кількість автоматизованих пристроїв контролю для покриття території за стовпцями (за координатою X);

$N_Y = \frac{A}{R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}}$ – необхідна кількість автомати-

зованих пристроїв контролю для покриття території за рядками (за координатою Y).

Так, якщо за допомогою БПЛА розкидано n пристроїв, то, з урахуванням їх точного потрапляння в центри зон контролю, ефективність покриття території дорівнює

$$E_{\text{Контр.}} = \frac{n}{N} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Розглянемо вимоги до БПЛА при поодинокому способі доставки пристроїв контролю небезпечних факторів 4. Позначимо координати центрів зон контролю за стовпчиками x_i , а за рядками – y_i . Тоді при польоті БПЛА уздовж лінії центрів зон контролю за рядками необхідно забезпечити затримку скидання кожного наступного пристрою на термін

$$T_Z = \frac{R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}}{v}, \quad (3)$$

де v – середня швидкість польоту БПЛА.

Як недолік такого методу покриття небезпечної території 6 автоматизованими пристроями контролю 4 можна відзначити досить великий час, який необхідний для покриття всієї території.

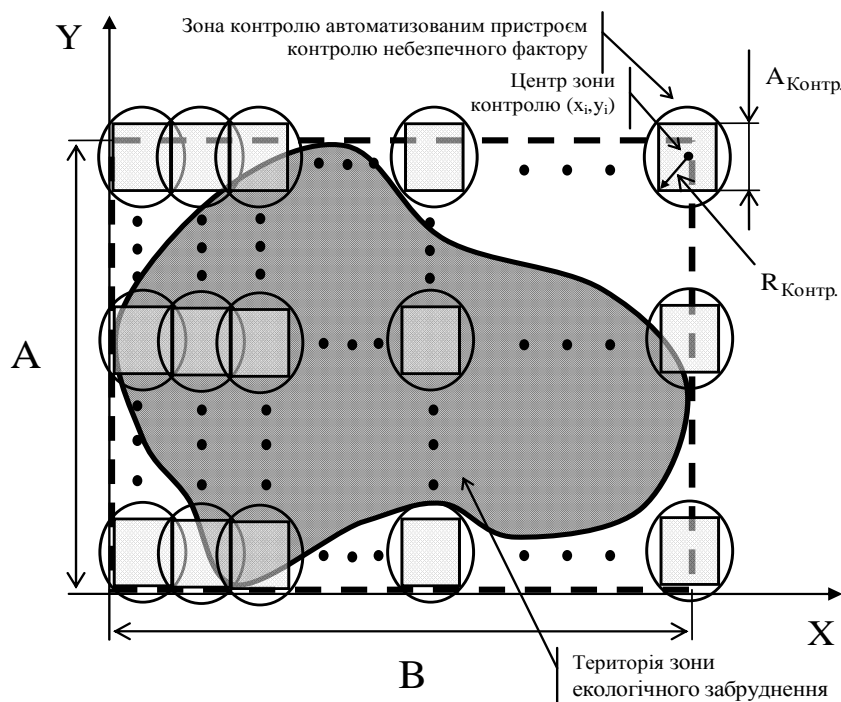


Рисунок 5 – Схема покриття зони екологічного забруднення автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів при їх розкиданні з БПЛА

Одним зі шляхів усунення зазначеного недоліку є використання касетного способу [23–26] для покриття території 6 автоматизованими пристроями контролю 4. Для цього можна використовувати

касетні вироби з відповідними пристроями контролю небезпечних факторів. Так, на етапі польоту БПЛА над центром скидання касети бортова система управління переводить літальний

апарат у режим пікірування на точку із заданими координатами. На заданій висоті за сигналом системи управління завіюється центральний розривний заряд корпусу касетного виробу; при цьому під дією вибухових газів він руйнується, і

автоматизовані пристрої контролю 4 розлітаються в радіальних напрямках із додатковими приростами швидкості, покриваючи частину території 6 (див. рис. 6).

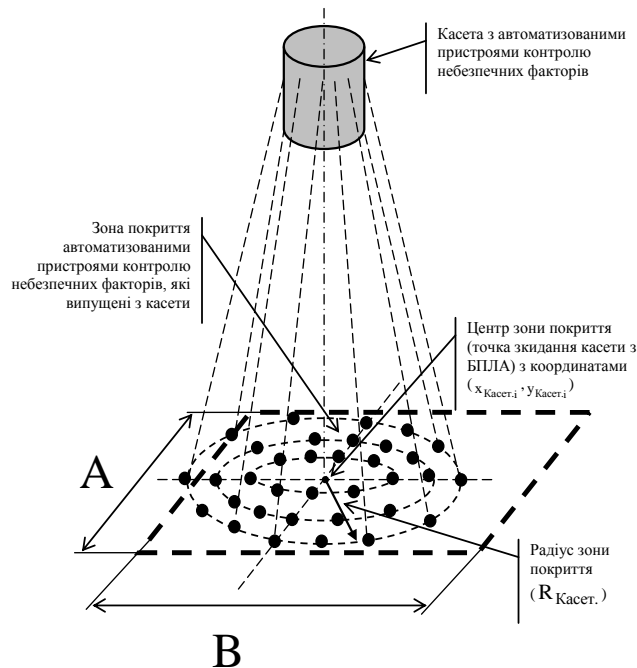


Рисунок 6 – Схема покриття зони екологічного забруднення касетним виробом, оснащеним автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів

За умов скидання касетних виробів у режимі зависання БПЛА над точкою скидання на малій висоті впливом протидіючих факторів на процеси розкидання та польоту автоматизованих пристроїв 4 можна знехтувати. В цьому випадку точки падіння пристроїв на поверхню Землі повинні рівномірно розподілятися на деякій площі, фігуру якої, відповідно до рисунку 6, можна описати окружністю з радіусом R_{Kaset} . Для розрахунку необхідної кількості касетних виробів обрано аналогічний підхід, як при одиночному покритті небезпечної території. При цьому кожна зона покриття касетою з автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів апроксимується вписаним прямокутником зі стороною $A_{Kaset} = R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}$, а необхідна кількість касетних виробів для покриття території 6 дорівнює

$$N_{Kaset} = N_{Kaset.x} \cdot N_{Kaset.y} = \frac{AB}{2R_{Kaset}^2}, \quad (4)$$

де $N_{Kaset.x} = \frac{B}{R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}}$ – кількість касетних виробів із пристроями контролю для покриття території за стовпцями (за координатою X); $N_{Kaset.y} = \frac{A}{R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}}$ – кількість касетних виробів з пристроями контролю для покриття території за рядками

(за координатою Y). Кількість пристроїв контролю в касетному виробі для надійного покриття зони з радіусом R_{Kaset} розраховується за формулою

$$N = \frac{R_{Kaset}^2}{R_{Komp}^2}. \quad (5)$$

Так, якщо за допомогою БПЛА розкидано m касетних виробів з автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів, то з урахуванням їх точного потрапляння в центри зон контролю ефективність покриття території дорівнює

$$E_{Kaset} = \frac{m}{N_{Kaset}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Розглянемо вимоги до БПЛА при касетному способі розкиду пристроїв контролю небезпечних факторів. Позначимо координати центрів зон контролю касетою за стовпчиками $x_{Kaset.i}$, а за рядками – $y_{Kaset.i}$. Тоді при польоті БПЛА уздовж лінії центрів зон контролю касет за рядками необхідно забезпечити затримку скидання кожного наступного касетного виробу на термін

$$T_{Z_{Kaset}} = \frac{R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}}{v}. \quad (7)$$

Середній виграш у часі при розкиданні з БПЛА автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів касетним способом, в порівнянні з поодиноким, розраховується за формулою

$$W = \frac{t_2 \cdot N - t_1 \cdot N_{\text{касет.}}}{t_2 \cdot N} \cdot 100\%, \quad (8)$$

де t_1 – середній час скидання одного касетного виробу, з урахуванням його доставки до місця скидання; t_2 – середній час скидання одного пристрою контролю, з урахуванням його доставки до місця скидання при одиночному способі.

У загальному випадку для зменшення часу покриття території б автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів доцільно використовувати безпілотні авіаційні комплекси (БАК), які включають наземний центр моніторингу (блок 1 на рис. 1) та декілька БПЛА. Тоді середній виграш у часі складе

$$W_{\text{БАК}} = \frac{t_2 \cdot N - k \cdot t_1 \cdot N_{\text{касет.}}}{t_2 \cdot N} \cdot 100\%, \quad (9)$$

де k – кількість задіяних БПЛА.

Таким чином, на основі результатів модельних розрахунків ефективності представлених у роботі двох варіантів (одиночного та касетного) розміщення по території зони екологічного забруднення автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів за допомогою БПЛА свідчить на користь касетного способу скидання вантажу в умовах обмеженості часу та відсутності жорстких вимог щодо точності потрапляння пристрою контролю у задану точку території.

Висновки.

1. Розроблені науково-технічні основи створення комплексної функціональної схеми системи моніторингу на локальній території динаміки зміни меж зон екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек. Схеми характеризується тим, що для підвищення оперативності моніторингу сумісно застосовуються БПЛА та наземні пристрої контролю небезпечних факторів.

2. Розроблена система моніторингу дозволяє проводити доставку в зону екологічного забруднення наземних автоматизованих пристроїв контролю БПЛА. Запропонована система моніторингу передбачає розташування диспетчерського пункту отримання й обробки інформації та обладнання для старту БПЛА на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та ін.).

3. Представлено підхід і принцип оцінки ефективності покриття території зони екологічного забруднення автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів, за умов їх доставки в зону небезпеки завислими, над точкою скидання, БПЛА та використання способів одиночного та касетного скидання вантажу. Отримано аналітичні вирази для розрахунку відносного середнього виграшу в часі для касетного способу, у порівнянні з одиночним способом доставки, автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів у зону екологічного забруднення.

Література

1. Андронов В. А. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек / В. А. Андронов, А. С. Рогозін, О. М. Соболев, В. В. Тютюник, Р. І. Шевченко. – Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2011. – 264 с.
2. Черногор Л. Ф. Физика и экология катастроф / Л. Ф. Черногор. – Харків : Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, 2012. – 556 с.
3. Сліпченко В. Г. Еколого-економічні збитки: кількісна оцінка / [В. Г. Сліпченко, Є. В. Брикун, В. В. Дергачова та ін.] ; за ред. І. В. Недіна. – Київ : ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2001. – 216 с.
4. Романченко І. С. Екологічна безпека : екологічний стан та методи його моніторингу / І. С. Романченко, А. І. Сбітнев, С. Г. Бутенко. – Київ, 2006. – 560 с.
5. Черногор Л. Ф. Экологические последствия массовых химических взрывов при техногенной катастрофе / Л. Ф. Черногор // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 6. – С. 522–535.
6. Кірючкін О. Ю. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України / О. Ю. Кірючкін, М. М. Мурін, В. В. Тютюник, Р. І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 6. – С. 62–73.
7. Калугін В. Д. Енергетичний підхід до оцінки екологічного стану природно-техногенно-соціальної системи України в режимі повсякденного функціонування / В. Д. Калугін, В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2013. – Вип. 4 (48). – С. 196–208.
8. Калугін В. Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В. Д. Калугін, В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204–216.

9. Чернявський І. Ю. Аналіз умов для створення системи виявлення і оцінки рівня радіаційної безпеки життєдіяльності населення при надзвичайних ситуаціях воєнного характеру [Електронний ресурс] / І. Ю. Чернявський, В. В. Тютюник, В. Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2016. – Вип. 23. – С. 168–185. Режим доступу : <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Cherniavskiy.pdf>.
10. Азаренко Е. В. Проблема управління екологічною безпекою прибережних вод і пути ее рішення / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 2(100). – С. 271–275.
11. Андронов В. А. Науково-технічні основи синтезу системи моніторингу надзвичайних ситуацій на території України в рамках державної політики в галузі цивільного захисту / В. А. Андронов, М. М. Дивизинюк, О. В. Азаренко, В. Д. Калугін, В. В. Тютюник // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2016. – Вип. 4 (49). – С. 150–160.
12. Тютюник В. В. Використання енергетичного підходу для оцінки ефективності функціонування комплексної автоматизованої системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій на локальній території / В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, В. Д. Калугін // Системи обробки інформації. – 2016. – Вип. 1(138). – С. 183–194.
13. Тютюник В. В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В. В. Тютюник, Р. І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2008. – Вип. 3 (18). – С. 179–180.
14. Тютюник В. В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] / В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, В. Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2011. – Вип. 14. – С. 171–194. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol14/Tyutyunik.pdf>.
15. Калугін В. Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В. Д. Калугін, В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 1/6 (55). – С. 59–70.
16. Тютюник В. В. Основи методології територіально-часового формування джерел надзвичайних ситуацій та екологічної небезпеки на локальній території / В. В. Тютюник, О. М. Соболев, В. Д. Калугін, Ю. В. Тютюник // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2015. – Вип. 9. – С. 92–108.
17. Тютюник В. В. Розробка науково-технічних основ системи моніторингу зони надзвичайної ситуації, яка включає доставку автоматизованих пристроїв контролю повітряними безпілотними засобами / В. В. Тютюник, В. Д. Калугін, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – № 3 (16). – С. 41–44.
18. Бабушкин Ю. Н. Применение спутниковой навигации при действиях в экстремальных условиях / Ю. Н. Бабушкин // Информост. – 2001. – № 3. – С. 74–85.
19. Пат. 49115 Україна, МПК(2009) G08C19/00, G08B19/00, G08B21/00. Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій / Йора А.П., Сидоров С.М. – № u201002449; заявл. 04.03.2010; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7.
20. Пат. 60922 Україна, МПК(2011.01) G01V3/00. Спосіб оперативного визначення ризиків надзвичайних ситуацій / Якорнов Є. А., Ліпчевська І. Л., Лисенко О. І., Романченко І. С., Андрієвська О. А., Чумаченко С. М., Туровець Ю. С., Крюченко Н. О.; Власники патенту : Якорнов Є. А., Ліпчевська І. Л., Лисенко О. І., Романченко І. С., Андрієвська О. А. – № u201101676; заявл. 14.02.2011; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
21. Пат. 105339 Україна, МПК(2016.01) B64D1/08 (2006.01), G08B19/00, G08B25/00, G08B26/00. Пристрій для скидання автоматизованих засобів контролю факторів небезпеки та вантажів для постраждалих з безпілотного літального апарату / Андронов В. А., Калугін В. Д., Тютюник В. В., Тютюник Ю. В.; Власник патенту : Національний університет цивільного захисту України. – № u201510075 ; заявл. 15.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.
22. Тютюник В. В. Оцінка ефективності покриття території надзвичайної ситуації за допомогою автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів при їх розкиданні із зависаючого над точкою скидання безпілотного літального апарату / В. В. Тютюник, В. Д. Калугін, Г. В. Іванець, М. Г. Іванець, Ю. В. Захарченко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2016. – Вип. 10. – С. 34–43.
23. Гурский Б. Г. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск / Б. Г. Гурский, М. А. Лющанов, Э. П. Спирин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 328 с.
24. Разорёнов Г. Н. Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями) / Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. – М. : Машиностроение, 2003. – 584 с.
25. Балаганский И. А. Действие средств поражения и боеприпасов / И. А. Балаганский, Л. А. Мерзневский. – Н. : НГТУ, 2004. – 408 с.
26. Бабкин А. В. Средства поражения и боеприпасы / А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 984 с.

В. А. Андронов, Г. В. Иванец, В. Д. Калугин, В. В. Тютюник

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ И БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Рассмотрены научно-технические основы системы мониторинга динамики границ зон экологического загрязнения, уровня опасности в зоне и прогнозирования возникновения новых опасностей. Система характеризуется тем, что для повышения оперативности мониторинга совместно используются беспилотные летательные аппараты и наземные автоматизированные устройства контроля факторов экологической опасности. Доставка наземных устройств контроля в зону экологического загрязнения выполняется беспилотными летательными аппаратами.

Ключевые слова: экологическая опасность, потенциально опасные объекты, мониторинг зоны экологического загрязнения, беспилотные летательные аппараты, автоматизированные устройства контроля факторов экологической опасности.

V. Andronov, G. Ivanets, V. Kalugin, V. Tiutiunik

SCIENTIFIC AND TECHNICAL BASES OF THE COMPLEX SYSTEM MONITORING ECOLOGICAL POLLUTION ZONES WHICH IS TURNING ON THE AUTOMATED CONTROL UNITS AND UNMANNED AERIAL VEHICLES

In article scientific and technical bases of system monitoring borders dynamics zones of ecological pollution and level of danger in a zone, and also predictions of emergence of new dangers have been developed. The system is characterized by the increased efficiency of monitoring due to sharing of unmanned aerial vehicles and the land automated control units of ecological danger factors. Delivery of land control units in a zone of ecological pollution is carried out by unmanned aerial vehicles.

Keywords: ecological danger, potentially dangerous objects, monitoring ecological pollution zones, unmanned aerial vehicles, the automated control units of ecological danger factors.

УДК 614.84 + 389.14 + 658.16

О. М. Кондратенко, к. т. н., доц. каф.

І. В. Міщенко, к. т. н., доц., доц. каф.

Г. О. Чернобай, к. т. н., доц., доц. каф.

Національний університет цивільного захисту України,
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

ВРАХУВАННЯ ЗМІНИ НАПОРУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ВПЛИВУ НОРМАТИВНОЇ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА НА ВИСОТУ ПІДЙОМУ СТРУМЕНЯ ВОДИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

У цьому дослідженні враховано зміну п'єзометричного напору на вході у ручний пожежний ствол у методиці оцінки впливу нормативної точності виготовлення діаметра його вихідного отвору на геометричні характеристики траєкторії струменя води, а саме висоти його підйому. Використано основні положення наукових дисциплін «Технічна механіка рідини і газу», «Метрологія і стандартизація» та «Техногенно-екологічна безпека». Розроблено відповідну методику та здійснено розрахункову оцінку таких аспектів, у чому і полягає наукова новизна проведеного дослідження. Результати дослідження, проілюстровані у табличному, графічному та формульному виді, можна використовувати для прогнозування геометричних характеристик траєкторії струменя води з ручного пожежного ствола, у чому і полягає практична цінність проведеного дослідження.

Ключові слова: техногенно-екологічна безпека, пожежна безпека, ручний пожежний ствол, траєкторія струменя, дальність польоту, похибки вимірювань, напір.

Постановка проблеми. Точність виготовлення ручного пожежного ствола (РПС), як показано у дослідженні [1], справляє суттєвий вплив на геометричні параметри траєкторії руху струменя води з нього. При цьому значення діаметра вихідного отвору РПС d_0 (у м), змінюючись у нормативно встановлених межах згідно з ГОСТ 9923-93 і ГОСТ 25347-2013 на Δd_0 і Δd_{0r} (у м та %), справляє вплив на дальність польоту l_{\max} (у м) та висоту підйому h_{\max} (у м) струменя, який, як в абсолютних Δl_{\max} , Δh_{\max} (у м), так і у відносних (у %) Δl_{\max} , Δh_{\max} величинах, залежить також від кута нахилу осі РПС до горизонту Θ_0 . Однак оцінку такого впливу у дослідженнях [1, 3, 4] виконано для одного усталеного режиму руху води у РПС, що характеризується постійним значенням п'єзометричного напору H_1 (у м) чи тиску P_1 (у Па) на вході у РПС, що визначає значення об'ємних витрат води крізь будь-який живий переріз РПС Q (у м³/с) (а також рукавної лінії та струменя, що забезпечується дотриманням закону нерозривності потоку), що, у свою чергу, визначає значення середньої швидкості руху води у живому перерізі струменя у вихідному отворі РПС V_0 (у м/с). У практиці пожежогасіння величини H_1 чи P_1 не є постійними і залежать від режиму роботи пожежного насоса, параметрів рукавної лінії. Тому врахування зміни напору на вході у РПС, що рівноцінно врахуванню інших режимів роботи РПС, в оцінці впливу точності його виготовлення на геометричні параметри траєкторії струменя води з нього, є метою підвищення точності такої оцінки, є актуальною задачею та містить ознаки наукової новизни і має практичну цінність. Гідравлічні струмені, згенеровані РПС і лафетними пожежними стволами, широко використовуються не лише для гасіння пожеж і ліквідації їх наслідків, а й для реалізації заходів щодо забезпечення рівня екологічної безпеки технологічних процесів у шахтах і на складах сипкої продукції, що входять до структу-

ри відповідної системи управління екологічною безпекою (СУЕБ) [10, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] подано обґрунтування актуальності цієї серії досліджень та зв'язку їх результатів з передумовами застосування для описання закону емпіричного розподілу значень геометричних параметрів вихідного отвору РПС бета-розподілом. У дослідженні [2] наведено алгоритм такого описання. У дослідженнях [3, 4] наведено методику й оцінено вплив точності виготовлення РПС, що відповідає вимогам ГОСТ 9923-93 і ГОСТ 25347-2013 [6, 7], на геометричні параметри траєкторії руху струменя води з нього. У дослідженні [5] наведено методику й оцінено вплив точності виготовлення РПС, що не відповідає вимогам ГОСТ 9923-93, на експериментально отримані значення коефіцієнта опору повітря руху струменя води з РПС. Ці дослідження виконано за припущення, що величини H_1 чи P_1 є постійними впродовж процесу пожежогасіння. У праці [8] подано основні співвідношення між гідродинамічними параметрами потоку води у рукавній лінії, РПС та струмені та деякі довідкові дані. У джерелі [9] наведено основні співвідношення для оцінки точності вказаних прямих та непрямих вимірювань. У монографії [10] наведено структуру СУЕЦ, що використовує багатозональні дисперсні структури, згенеровані РПС чи лафетними пожежними стволами. У дослідженні [12] наведено передумови, методику і результати розрахункового оцінювання впливу точності виготовлення РПС, що відповідає нормативним вимогам, на геометричні параметри траєкторії руху струменя води з нього, зокрема дальності польоту, за рахунок врахування зміни напору на його вході.

Постановка завдання та його вирішення. Метою дослідження є підвищення достовірності й точності оцінки впливу точності виготовлення РПС, що відповідає нормативним вимогам, на геометричні параметри траєкторії руху струменя води з нього, зокрема висоти підйому, за рахунок врахування зміни

напору на його вході.

Задачами дослідження є наступні:

- 1) розробка методики розрахункової оцінки аспектів, відображених у меті дослідження;
- 2) розрахункова оцінка таких аспектів;
- 3) аналіз результатів дослідження.

Об'єктом дослідження є взаємозв'язок точності визначення геометричних параметрів траєкторії руху струменя води з РПС, зокрема висоти підйому, з його точністю виготовлення.

Предметом дослідження є вплив на об'єкт дослідження напору на вході у РПС.

Розв'язувати поставлену задачу пропонується за формулою (2) для визначення величини h_{\max} , формулою (3) – рівняння нерозривності потоку – з дослідження [1], за допомогою формули (2) для оцінки похибки визначення величини Δh_{\max} з досліджень [3, 4]. Постановка, що застосовувалась у цих дослідженнях, передбачала зміну значення швидкості V_0 лише за рахунок зміни діаметра вихідного отвору РПС d_0 за незмінного значення об'ємних витрат Q . Траєкторію руху струменя води з РПС та її геометричні характеристики проілюстровано на рисунку 1, а (з дослідження [12]). Для опису взаємозв'язку напору на вході у РПС H_1 чи відповідного надлишкового тиску P_1 зі значенням об'ємних витрат Q можна скористатися наступними міркуваннями, пояснення до яких можна проілюструвати рисунком 1, б (з дослідження [12]). Математично його можна описати законом Бернуллі для потоку ідеальної рідини. Припущення про відсутність у потоці води у РПС в'язкого тертя, використане у цьому дослідженні, має бути відкинуте у подальшому. Вираз, що пов'язує шукану нами

швидкість руху води у вихідному отворі РПС V_0 зі значенням надлишкового тиску на його вході P_1 та кутом нахилу осі ствола до горизонту Θ_0 , отримане з рівняння Бернуллі для перерізів 1-1 та 0-0 на рисунку 1, б, має вид формули (1) [12].

$$V_0 = \sqrt{V_1^2 + 2 \cdot P_1 / \rho - 2 \cdot g \cdot L \cdot \sin \Theta_0}, \quad (1)$$

де індексами 1 і 0 позначено гідродинамічні параметри у живих перерізах 1-1 (на вході у РПС) та 0-0 (на виході з РПС) відповідно; V_0 – початкова середня швидкість руху потоку води у живому перерізі, що співпадає з вихідним отвором пожежного ствола, м/с; V_1 – швидкість руху води у живому перерізі на вході у РПС, м/с; P_1 – надлишковий тиск на вході у РПС, Па; ρ – щільність текучого середовища, кг/м³; L – довжина РПС, м; $g = 9,81$ – прискорення вільного падіння, м/с²; Θ_0 – кут нахилу осі РПС до горизонту, град.

Тут швидкість потоку води на вході у РПС V_1 і на виході з нього V_0 може бути визначена за рівнянням нерозривності потоку у м/с:

$$V_1 = Q / \omega_1 = 4 \cdot Q / (\pi \cdot d_1^2), \quad (2)$$

$$V_0 = Q / \omega_0 = 4 \cdot Q / (\pi \cdot d_0^2), \quad (3)$$

де Q – об'ємна витрата води крізь будь-який живий переріз РПС, м³/с; $\omega_1 = \pi \cdot d_1^2 / 4$ – площа вихідного отвору ствола, м²; $\omega_0 = \pi \cdot d_0^2 / 4$ – площа вихідного отвору ствола, м²; d_1 – діаметр вхідного отвору РПС, м; d_0 – діаметр вихідного отвору РПС, м.

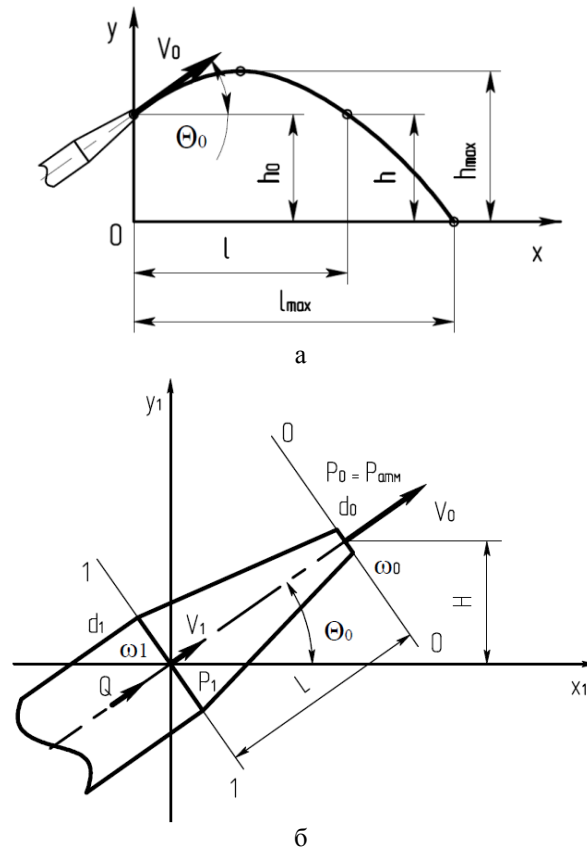


Рисунок 1 – Траєкторія руху струменя води з РПС (а) та розрахункова схема руху води у РПС (б) [12]

Враховуючи формули (2) і (3), формула для визначення об'ємних витрат води крізь будь-який живий переріз РПС Q набуває виду формули (4) [12]. З огляду на прийняте припущення щодо постійності об'ємних витрат води крізь РПС Q у м³/с слід зауважити, що у формулі (4) слід застосувати номінальне значення діаметра вихідного отвору РПС d_0

$$Q = \sqrt{\frac{(P_1/\rho - g \cdot L \cdot \sin \Theta_0) \cdot \pi^2}{8 \cdot (1/d_0^4 - 1/d_1^4)}} \quad (4)$$

Подальшу розрахункову оцінку можна виконати за методикою, описаною у дослідженнях [3, 4], визначаючи початкове значення швидкості V_0 за формулою (3).

Для РПС конкретної моделі номінальні значення його основних геометричних параметрів є нормативно встановленими і, відповідно, заздалегідь відомими. Так, наприклад для ствола РС-50 А $d_0 = 1,30 \cdot 10^{-2}$ м, $d_1 = 5,10 \cdot 10^{-2}$ м, $L = 0,265 \cdot 10^{-2}$ м [6]. Для випадку використання в якості вогнегасної чи пілопригнічувальної рідини води як ідеальної (нев'язкої та нестисливої) рідини $\rho = \text{const} = 1000$ кг/м³.

Згідно [6] робочий абсолютний тиск у РС-50А не має перевищувати 6 кг/см². Тоді значення об'ємних витрат води крізь РС-50А, визначене за формулою (4), залежить лише від значення тиску на вході P_1 та кута нахилу осі ствола до горизонту Θ_0 .

Обидва ці параметри можуть змінюватися у певних діапазонах під час гасіння пожежі непрогнозовано. Тому для здійснення оцінки є доцільним задання діапазонів їх зміни та розбиття цих діапазонів на деяку кількість рівнів варіювання з постійним кроком.

Значення тиску P_1 у цьому дослідженні будемо розглядати у діапазоні від 0,0 до 0,5 МПа із кроком 0,05 МПа, тобто матимемо 11 рівнів варіювання [12].

Значення кута Θ_0 у цьому дослідженні будемо розглядати у діапазоні від 0 до 90° із кроком 10°; також виділимо окремо значення 45°, тобто матимемо 11 рівнів варіювання [12].

Зміна значення діаметра Δd_0 у цьому дослідженні задаватиметься нормативними вимогами до точності цього параметра з [6, 7], що для РС-50А складає +0,11 мм або +0,85 %. Результати розрахункової оцінки впливу цих параметрів на значення об'ємних витрат Q наведені у таблиці 1 у [12], швидкості V_0 – у таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність значень швидкості V_0 у функції значень тиску P_1 та кута Θ_0 для РС-50А

V_0 , м/с	Θ_0 , град.											
	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
P_1 , МПа	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,5	10,021	9,976	9,932	9,890	9,852	9,835	9,820	9,793	9,773	9,761	9,757
	1,0	14,172	14,140	14,109	14,080	14,053	14,041	14,030	14,012	13,998	13,989	13,987
	1,5	17,357	17,331	17,306	17,282	17,260	17,251	17,242	17,226	17,215	17,208	17,206
	2,0	20,042	20,020	19,998	19,977	19,958	19,950	19,942	19,929	19,920	19,914	19,912
	2,5	22,408	22,388	22,368	22,350	22,333	22,325	22,319	22,307	22,298	22,293	22,291
	3,0	24,547	24,528	24,510	24,494	24,478	24,471	24,465	24,454	24,447	24,442	24,440
	3,5	26,514	26,496	26,480	26,464	26,450	26,444	26,438	26,428	26,421	26,416	26,415
	4,0	28,344	28,328	28,313	28,298	28,285	28,279	28,274	28,264	28,257	28,253	28,252
	4,5	30,064	30,048	30,034	30,020	30,008	30,002	29,997	29,988	29,982	29,978	29,977
	5,0	31,690	31,675	31,662	31,649	31,637	31,631	31,627	31,618	31,612	31,609	31,607

Остаточна величина Δh_{max} , з урахуванням формул (2)–(7) з досліджень [3, 4], має визначатися за наступними формулами:

$$\Delta h_{\text{max}} \approx (\partial h_{\text{max}} / \partial V_0) \cdot \Delta V_0, \quad (5)$$

$$\Delta V_0 = -8 \cdot Q \cdot \Delta d_0 / (\pi \cdot d_0^3). \quad (6)$$

Результати оцінки величини l_{max} за формулами (1) і (2) з дослідження [1] представлено у табл. 3 дослідження [12], а величини h_{max} – у табл. 2. Результати визначення значень часткової похідної $\partial h_{\text{max}} / \partial V_0$ за формулами (3) з досліджень [3, 4] наведено у табл. 3. Результати оцінки величини ΔV_0 шляхом застосування формули (7) зведено у табл. 4. Результати оцінки значень величини Δh_{max} шляхом застосування формул (5) і (6) в абсолютних величинах занесено у табл. 5, у відносних Δh_{max} – у табл. 6.

Залежність абсолютних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{max} з РС-50А у функції значень кута Θ_0 для різних значень тиску P_1 наведено на рис. 2. Залежність абсолютних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{max} з РС-50А у функції значень тиску P_1

для різних значень кута Θ_0 подано на рис. 3.

Залежність відносних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{max} з РС-50А у функції значень кута Θ_0 для різних значень тиску P_1 міститься на рис. 4. Залежність відносних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{max} з РС-50А у функції значень тиску P_1 для різних значень кута Θ_0 винесено на рис. 5.

Як видно з табл. 1 у [12], величина Q для РС-50А змінюється у функції значень тиску P_1 (за гіперболічним законом) та кута Θ_0 (за ступеневим синусоїдальним законом) у діапазоні 0...4,206 л/с, набуваючи максимального значення при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 0^\circ$. При цьому залежність цієї величини від тиску P_1 є значною, а її залежністю від кута Θ_0 в подальших дослідженнях можна знехтувати. Аналогічно до Q змінюється величина V_0 у діапазоні 0...31,690 м/с (див. табл. 2), що зумовлено формулою (3). Значення величини l_{max} досягає максимуму 102,983 м (див. [11]) при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 45^\circ$. Величина h_{max} сягає максимуму 51,918 м при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 90^\circ$ (див. табл. 5 і рис. 2). Відповідним чином (див. табл. 3) змінюються і значення часткової похідної $\partial h_{\text{max}} / \partial V_0$.

Все вищенаведене приводить до зміни швидкості ΔV_0 мальне значення $-6,972$ м/с при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 0^\circ$.
(див. табл. 4), яка приймає значення в діапазоні макси-

Таблиця 2 – Залежність значень максимальної висоти підйому струменя h_{\max} у функції значень тиску P_1 та кута Θ_0 для РС-50А

h_{\max} , м		Θ_0 , град.										
		0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
P_1 , МПа	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,5	1,000	1,153	1,588	2,246	3,044	3,465	3,884	4,666	5,299	5,710	5,852
	1,0	1,000	1,307	2,187	3,526	5,159	6,024	6,888	8,505	9,819	10,674	10,971
	1,5	1,000	1,462	2,786	4,806	7,274	8,584	9,891	12,344	14,338	15,638	16,089
	2,0	1,000	1,616	3,384	6,085	9,389	11,143	12,895	16,183	18,858	20,602	21,208
	2,5	1,000	1,770	3,983	7,365	11,503	13,702	15,899	20,021	23,378	25,566	26,326
	3,0	1,000	1,925	4,582	8,644	13,618	16,261	18,902	23,860	27,897	30,531	31,445
	3,5	1,000	2,079	5,181	9,924	15,733	18,821	21,906	27,699	32,417	35,495	36,563
	4,0	1,000	2,233	5,779	11,204	17,848	21,380	24,909	31,538	36,937	40,459	41,681
	4,5	1,000	2,388	6,378	12,483	19,963	23,939	27,913	35,377	41,457	45,423	46,800
5,0	1,000	2,542	6,977	13,763	22,078	26,498	30,917	39,216	45,976	50,387	51,918	

Таблиця 3 – Залежність значень часткової похідної $\partial h_{\max}/\partial V_0$ у функції значень тиску P_1 та кута Θ_0 для РС-50А

$\partial h_{\max}/\partial V_0$, с		Θ_0 , град.										
		0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
P_1 , МПа	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,5	0,000	0,031	0,118	0,252	0,415	0,501	0,587	0,749	0,880	0,965	0,995
	1,0	0,000	0,043	0,168	0,359	0,592	0,716	0,839	1,071	1,260	1,383	1,426
	1,5	0,000	0,053	0,206	0,440	0,727	0,879	1,031	1,317	1,550	1,701	1,754
	2,0	0,000	0,062	0,238	0,509	0,841	1,017	1,193	1,524	1,793	1,969	2,030
	2,5	0,000	0,069	0,267	0,570	0,941	1,138	1,335	1,705	2,007	2,204	2,272
	3,0	0,000	0,075	0,292	0,624	1,031	1,247	1,463	1,870	2,201	2,416	2,491
	3,5	0,000	0,081	0,316	0,674	1,114	1,348	1,581	2,021	2,378	2,612	2,693
	4,0	0,000	0,087	0,338	0,721	1,191	1,441	1,691	2,161	2,544	2,793	2,880
	4,5	0,000	0,092	0,358	0,765	1,264	1,529	1,794	2,293	2,699	2,964	3,056
5,0	0,000	0,097	0,378	0,807	1,332	1,612	1,892	2,417	2,846	3,125	3,222	

Таблиця 4 – Залежність значень зміни швидкості ΔV_0 у функції значень тиску P_1 та кута Θ_0 для РС-50А

ΔV_0 , м/с		Θ_0 , град.										
		0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
P_1 , МПа	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,5	-2,205	-2,195	-2,185	-2,176	-2,168	-2,164	-2,160	-2,154	-2,150	-2,147	-2,147
	1,0	-3,118	-3,111	-3,104	-3,098	-3,092	-3,089	-3,087	-3,083	-3,080	-3,078	-3,077
	1,5	-3,819	-3,813	-3,807	-3,802	-3,797	-3,795	-3,793	-3,790	-3,787	-3,786	-3,785
	2,0	-4,409	-4,404	-4,400	-4,395	-4,391	-4,389	-4,387	-4,384	-4,382	-4,381	-4,381
	2,5	-4,930	-4,925	-4,921	-4,917	-4,913	-4,912	-4,910	-4,908	-4,906	-4,904	-4,904
	3,0	-5,400	-5,396	-5,392	-5,389	-5,385	-5,384	-5,382	-5,380	-5,378	-5,377	-5,377
	3,5	-5,833	-5,829	-5,826	-5,822	-5,819	-5,818	-5,816	-5,814	-5,813	-5,812	-5,811
	4,0	-6,236	-6,232	-6,229	-6,226	-6,223	-6,221	-6,220	-6,218	-6,217	-6,216	-6,215
	4,5	-6,614	-6,611	-6,607	-6,604	-6,602	-6,600	-6,599	-6,597	-6,596	-6,595	-6,595
5,0	-6,972	-6,969	-6,966	-6,963	-6,960	-6,959	-6,958	-6,956	-6,955	-6,954	-6,954	

Таблиця 5 – Залежність абсолютних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{\max} у функції значень тиску P_1 та кута Θ_0 для РС-50А

Δh_{\max} , м		Θ_0 , град.										
		0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
P_1 , МПа	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,5	0,000	-0,067	-0,259	-0,548	-0,899	-1,085	-1,269	-1,613	-1,892	-2,072	-2,135
	1,0	0,000	-0,135	-0,522	-1,111	-1,830	-2,211	-2,591	-3,302	-3,880	-4,257	-4,387
	1,5	0,000	-0,203	-0,786	-1,674	-2,760	-3,337	-3,912	-4,991	-5,869	-6,441	-6,639
	2,0	0,000	-0,271	-1,049	-2,237	-3,691	-4,463	-5,234	-6,680	-7,858	-8,625	-8,891
	2,5	0,000	-0,339	-1,313	-2,801	-4,622	-5,589	-6,555	-8,369	-9,846	-10,809	-11,143
	3,0	0,000	-0,407	-1,576	-3,364	-5,552	-6,715	-7,877	-10,059	-11,835	-12,993	-13,396
	3,5	0,000	-0,475	-1,839	-3,927	-6,483	-7,841	-9,199	-11,748	-13,824	-15,178	-15,648
	4,0	0,000	-0,543	-2,103	-4,490	-7,413	-8,967	-10,520	-13,437	-15,812	-17,362	-17,900
	4,5	0,000	-0,611	-2,366	-5,053	-8,344	-10,093	-11,842	-15,126	-17,801	-19,546	-20,152
5,0	0,000	-0,678	-2,630	-5,616	-9,274	-11,219	-13,163	-16,815	-19,790	-21,730	-22,404	

Таблиця 6 – Залежність відносних значень зміни довжини польоту струменя $\Delta h_{r\max}$ у функції значень тиску P_1 та кута Θ_0 для РС-50А

$\Delta h_{r\max}$, %	P_1 , МПа	Θ_0 , град.											
		0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,0	0,000	-5,837	-16,294	-24,413	-29,546	-31,302	-32,671	-34,570	-35,696	-36,294	-36,482	-36,482
1,0	0,0	0,000	-10,343	-23,880	-31,521	-35,471	-36,696	-37,612	-38,826	-39,519	-39,878	-39,989	-39,989
1,5	0,0	0,000	-13,897	-28,204	-34,844	-37,951	-38,874	-39,552	-40,435	-40,931	-41,186	-41,265	-41,265
2,0	0,0	0,000	-16,772	-30,999	-36,769	-39,313	-40,051	-40,588	-41,281	-41,667	-41,864	-41,925	-41,925
2,5	0,0	0,000	-19,146	-32,953	-38,026	-40,175	-40,789	-41,232	-41,802	-42,118	-42,279	-42,329	-42,329
3,0	0,0	0,000	-21,139	-34,397	-38,910	-40,769	-41,294	-41,672	-42,156	-42,423	-42,559	-42,601	-42,601
3,5	0,0	0,000	-22,836	-35,507	-39,566	-41,203	-41,662	-41,991	-42,411	-42,643	-42,760	-42,797	-42,797
4,0	0,0	0,000	-24,299	-36,387	-40,073	-41,535	-41,942	-42,234	-42,605	-42,809	-42,912	-42,944	-42,944
4,5	0,0	0,000	-25,572	-37,101	-40,475	-41,796	-42,162	-42,424	-42,756	-42,939	-43,031	-43,060	-43,060
5,0	0,0	0,000	-26,691	-37,693	-40,803	-42,007	-42,340	-42,577	-42,878	-43,043	-43,127	-43,153	-43,153

Залежність абсолютних значень величини Δl_{\max} від Θ_0 , як видно у [12], носить характер ступеневого синусоїдального закону з періодом у π , а залежність абсолютних значень величини Δl_{\max} від P_1 носить характер лінійного закону, та сягає максимуму – 22,931 м при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 45^\circ$.

Залежність відносних значень величини Δl_{\max} від Θ_0 , (див. [12]) досягає максимуму –22,2 % при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 90^\circ$, носить такий характер, що суттєвих змін зазнає лише у діапазонах $\Theta_0 < 15^\circ$ та $P_1 < 0,05$ МПа, а далі значення цієї величини виходить на «полку» починаючи з $\Theta_0 = 20^\circ$ та $P_1 = 0,1$ МПа.

При цьому слід зауважити, що нульових значень величина Δl_{\max} досягає лише при $P_1 = 0$ МПа, а при $\Theta_0 = 0^\circ$ – не досягає, завдяки наявності відмінного від нуля значення h_0 .

Залежність абсолютних значень величини Δh_{\max} від Θ_0 , як видно з табл. 5 та рис. 2 і 3, носить характер ступеневого синусоїдального закону з періодом у 2π , а залежить від P_1 носить характер лінійного закону та сягає максимуму –22,4 м при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 90^\circ$. Залежність відносних значень величини Δh_{\max} від Θ_0 , як видно з табл. 6 та рис. 4 і 5, досягає максимуму –

43,2 % при $P_1 = 0,5$ МПа та $\Theta_0 = 90^\circ$ і носить такий характер, що суттєвих змін зазнає лише у діапазонах $\Theta_0 < 25^\circ$ та $P_1 < 0,10$ МПа, а далі значення цієї величини виходить на «полку» починаючи з $\Theta_0 = 30^\circ$ та $P_1 = 0,075$ МПа. При цьому слід зауважити, що нульових значень величина $\Delta h_{r\max}$ досягає і при $P_1 = 0$ МПа, і при $\Theta_0 = 0^\circ$.

Наведені на рисунках 2–5 графіки залежностей описано поліномами методом найменших квадратів, їх коефіцієнти зведено у табл. 7 і 8.

Стрімка зміна значень Δl_{\max} (див. дослідження [12]) і $\Delta h_{r\max}$ (див. табл. 5 і 6 та рис. 2 – 5) у вказаних діапазонах зміни впливаючих факторів та її характер дозволяють зробити висновок про те, що дослідження гідродинамічних процесів у стволі у тих діапазонах має бути проведене більш ретельно, можливо зі зміною математичного апарату і врахуванням втрат напору у РПС (відкидання припущення про рух ідеальної рідини у ньому) та коефіцієнта опору повітря руху струменя води з РПС і впливу на нього точності виготовлення РПС (див. дослідження [5]).

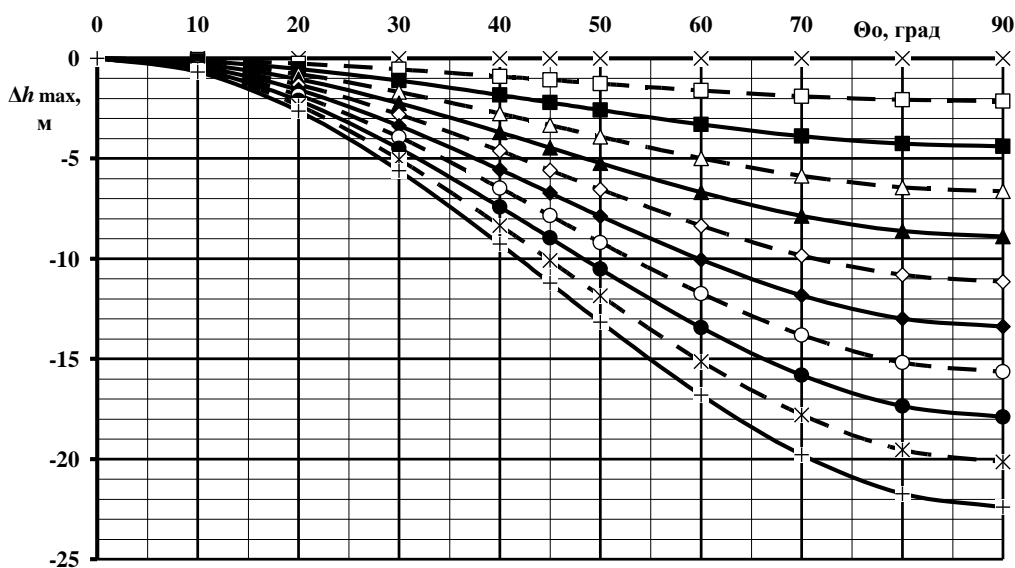


Рисунок 2 – Залежність абсолютних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{\max} для РС-50А у функції значень кута Θ_0 для різних значень тиску P_1 : × – $P_1 = 0,0$ МПа; □ – $P_1 = 0,5$ МПа; ■ – $P_1 = 1,0$ МПа; Δ – $P_1 = 1,5$ МПа; ▲ – $P_1 = 2,0$ МПа; ◇ – $P_1 = 2,5$ МПа; ◆ – $P_1 = 3,0$ МПа; ○ – $P_1 = 3,5$ МПа; ● – $P_1 = 4,0$ МПа; * – $P_1 = 4,5$ МПа; + – $P_1 = 5,0$ МПа

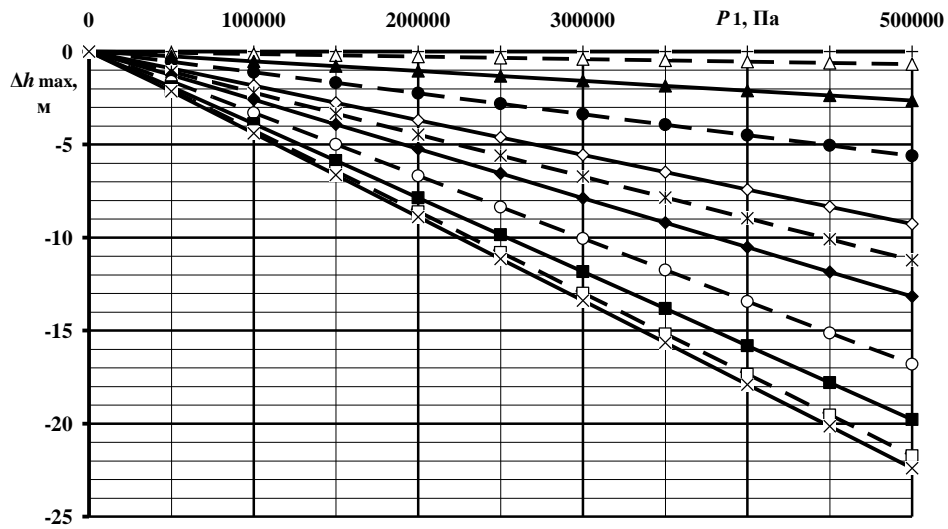


Рисунок 3 – Залежність абсолютних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{\max} для РС-50А у функції значень тиску P_1 для різних значень кута Θ_0 : $\times - \Theta_0 = 0^\circ$; $\Delta - \Theta_0 = 10^\circ$; $\blacktriangle - \Theta_0 = 20^\circ$; $\bullet - \Theta_0 = 30^\circ$; $\diamond - \Theta_0 = 40^\circ$; $* - \Theta_0 = 45^\circ$; $\blacklozenge - \Theta_0 = 50^\circ$; $\circ - \Theta_0 = 60^\circ$; $\blacksquare - \Theta_0 = 70^\circ$; $\square - \Theta_0 = 80^\circ$; $\times - \Theta_0 = 90^\circ$

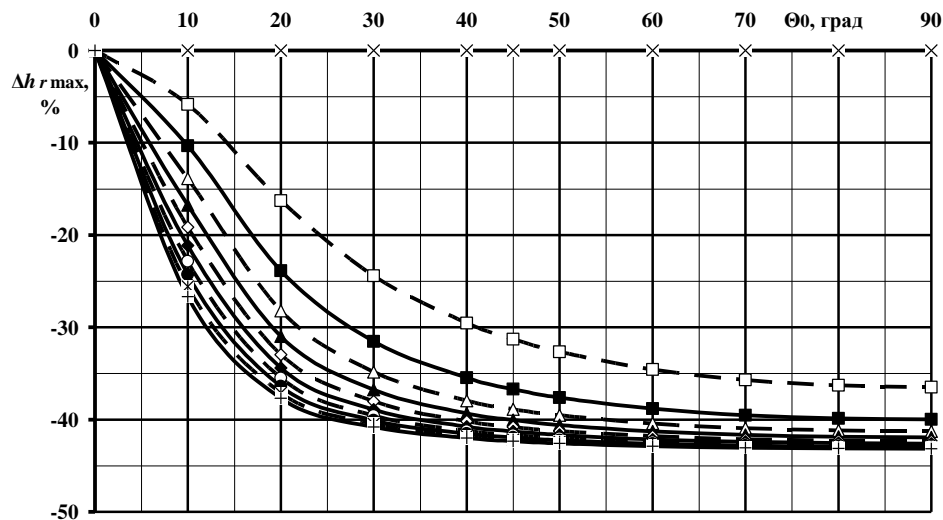


Рисунок 4 – Залежність відносних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{\max} для РС-50А у функції значень кута Θ_0 для різних значень тиску P_1 : $\times - P_1 = 0,0$ МПа; $\square - P_1 = 0,5$ МПа; $\blacksquare - P_1 = 1,0$ МПа; $\Delta - P_1 = 1,5$ МПа; $\blacktriangle - P_1 = 2,0$ МПа; $\diamond - P_1 = 2,5$ МПа; $\blacklozenge - P_1 = 3,0$ МПа; $\circ - P_1 = 3,5$ МПа; $\bullet - P_1 = 4,0$ МПа; $* - P_1 = 4,5$ МПа; $+ - P_1 = 5,0$ МПа

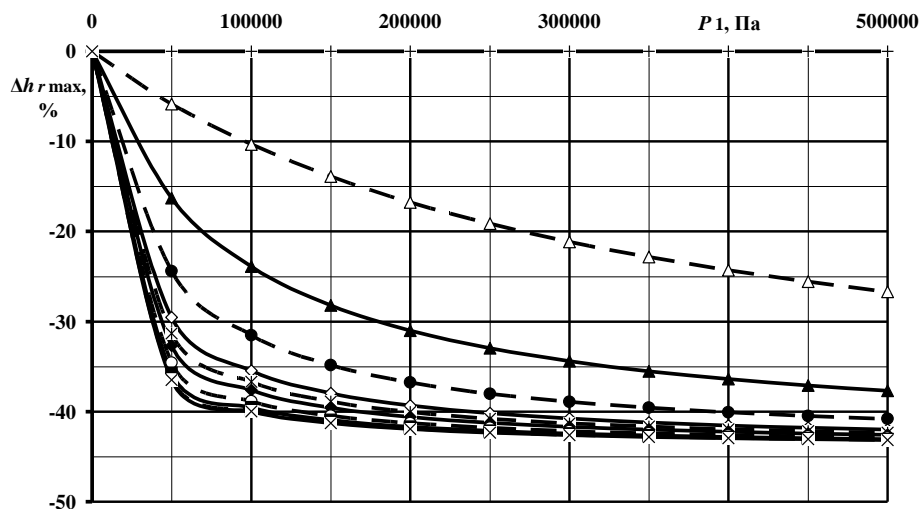


Рисунок 5 – Залежність відносних значень зміни висоти підйому струменя Δh_{\max} для РС-50А у функції значень тиску P_1 для різних значень кута Θ_0 : $\times - \Theta_0 = 0^\circ$; $\Delta - \Theta_0 = 10^\circ$; $\blacktriangle - \Theta_0 = 20^\circ$; $\bullet - \Theta_0 = 30^\circ$; $\diamond - \Theta_0 = 40^\circ$; $* - \Theta_0 = 45^\circ$; $\blacklozenge - \Theta_0 = 50^\circ$; $\circ - \Theta_0 = 60^\circ$; $\blacksquare - \Theta_0 = 70^\circ$; $\square - \Theta_0 = 80^\circ$; $\times - \Theta_0 = 90^\circ$

Таблиця 7 – Коефіцієнти апроксимуючих поліномів для Δh_{\max}

P_1 , МПа	a_4 , M^{-3}	a_3 , M^{-2}	a_2 , M^{-1}	a_1 , M^0	a_0 , М	R^2
0,0	0	0	0	0	0	1,0
0,5	$-4,662 \cdot 10^{-9}$	$7,246 \cdot 10^{-6}$	$-9,038 \cdot 10^{-4}$	$2,371 \cdot 10^{-3}$	$-2,339 \cdot 10^{-3}$	0,999
1,0	$-4,662 \cdot 10^{-9}$	$1,405 \cdot 10^{-5}$	$-1,822 \cdot 10^{-3}$	$4,958 \cdot 10^{-3}$	$-4,969 \cdot 10^{-3}$	0,999
1,5	$-4,662 \cdot 10^{-9}$	$2,085 \cdot 10^{-5}$	$-2,741 \cdot 10^{-3}$	$7,546 \cdot 10^{-3}$	$-7,600 \cdot 10^{-3}$	0,999
2,0	$-4,662 \cdot 10^{-9}$	$2,766 \cdot 10^{-5}$	$-3,659 \cdot 10^{-3}$	$1,013 \cdot 10^{-2}$	$-1,023 \cdot 10^{-2}$	0,999
2,5	$-4,662 \cdot 10^{-9}$	$3,446 \cdot 10^{-5}$	$-4,578 \cdot 10^{-3}$	$1,272 \cdot 10^{-2}$	$-1,268 \cdot 10^{-2}$	0,999
3,0	$-4,663 \cdot 10^{-9}$	$4,126 \cdot 10^{-5}$	$-5,496 \cdot 10^{-3}$	$1,531 \cdot 10^{-2}$	$-1,549 \cdot 10^{-2}$	0,999
3,5	$-4,663 \cdot 10^{-9}$	$4,807 \cdot 10^{-5}$	$-6,414 \cdot 10^{-3}$	$1,790 \cdot 10^{-2}$	$-1,812 \cdot 10^{-2}$	0,999
4,0	$-4,663 \cdot 10^{-9}$	$5,487 \cdot 10^{-5}$	$-7,333 \cdot 10^{-3}$	$2,049 \cdot 10^{-2}$	$-2,075 \cdot 10^{-2}$	0,999
4,5	$-4,663 \cdot 10^{-9}$	$6,167 \cdot 10^{-5}$	$-8,251 \cdot 10^{-3}$	$2,307 \cdot 10^{-2}$	$-2,338 \cdot 10^{-2}$	0,999
5,0	$-4,664 \cdot 10^{-9}$	$6,848 \cdot 10^{-5}$	$-9,170 \cdot 10^{-3}$	$2,566 \cdot 10^{-2}$	$-2,601 \cdot 10^{-2}$	0,999

Таблиця 8 – Коефіцієнти апроксимуючих поліномів для Δh_{\max}

Θ_0 , град	0	10	20	30	40	45
a_1 , M^0	0	$-1,358 \cdot 10^{-6}$	$-5,265 \cdot 10^{-6}$	$-1,125 \cdot 10^{-5}$	$-1,858 \cdot 10^{-5}$	$-2,248 \cdot 10^{-5}$
a_0 , М	0	$4,180 \cdot 10^{-4}$	$3,194 \cdot 10^{-3}$	$9,980 \cdot 10^{-3}$	$2,120 \cdot 10^{-2}$	$2,823 \cdot 10^{-2}$
R^2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
Θ_0 , град	50	60	70	80	90	
a_1 , M^0	$-2,638 \cdot 10^{-5}$	$-3,371 \cdot 10^{-5}$	$-3,969 \cdot 10^{-5}$	$-4,358 \cdot 10^{-5}$	$-4,494 \cdot 10^{-5}$	
a_0 , М	$3,589 \cdot 10^{-2}$	$5,186 \cdot 10^{-2}$	$6,625 \cdot 10^{-2}$	$7,625 \cdot 10^{-2}$	$7,984 \cdot 10^{-2}$	
R^2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	

Висновки. Таким чином, у дослідженні враховано зміну тиску на вході у ручний пожежний ствол в оцінці впливу точності його виготовлення, що відповідає нормативним вимогам, на геометричні параметри траєкторії руху струменя води з нього, зокрема на висоту підйому струменя.

Розроблено відповідну методику та здійснено розрахункову оцінку таких аспектів, у чому і поля-

гає наукова новизна проведеного дослідження.

Результати дослідження, проілюстровані у табличному, графічному та формульному виді, можна використати для прогнозування геометричних характеристик траєкторії струменя води з ручного пожежного ствола, у чому і полягає практична цінність проведеного дослідження.

Література

1. Міщенко І. В. Вплив точності визначення діаметру вихідного отвору пожежного ствола на геометричні характеристики траєкторії струменя [Електронний ресурс] / І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. А. Бурменко // Проблеми пожежної безпеки. – 2015. – Вип. 38. – С. 123 – 129. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/MischenkoKondratenkoBurmenko.pdf>.
2. Вамболь С. О. Алгоритм побудови емпіричного закону розподілу даних непрямого визначення нелінійних величин на прикладі геометричних характеристик вихідного отвору ручного пожежного ствола [Електронний ресурс] / С. О. Вамболь, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. А. Бурменко : матеріали 17-ої Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 22 – 23 вер. 2015 р.). – Київ : ІДУЗЦ, 2015. – С. 65 – 67. – Режим доступу : http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/VambolSO_Mischenko_IV_KondratenkoOM_BurmenkoOA_Fire-Tech_2015.pdf.
3. Кондратенко А. Н. Взаимосвязь нормативной точности изготовления пожарного ствола и дальности полета выходящей из него струи [Электронный ресурс] / А. Н. Кондратенко, А. А. Бурменко : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (Москва, 12 – 13 апр. 2016 г.). – М. : Акад. ГПС МЧС России, 2016. – С. 120 – 124. – Режим доступа : http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/KondratenkoOM_BurmenkoOA_Konf-AGPS_Moscow_2016.pdf.
4. Мищенко И. В. Взаимосвязь нормативной точности изготовления пожарного ствола и высоты подъема выходящей из него струи / И. В. Мищенко, А. Н. Кондратенко : сб. статей по материалам науч.-практ. конф. Часть 1 (Воронеж, 28 – 29 апр. 2016 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2016. – С. 254 – 258. – Режим доступа : http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/Mischenko_IV_KondratenkoOM_VIGPS_Voronezh_2016.pdf.
5. Міщенко І. В. Особливості експериментального визначення коефіцієнту опору повітря руху струменя води з ручного пожежного ствола [Електронний ресурс] / І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко // Проблеми пожежної безпеки. – 2016. – Вип. 39. – С. 183 – 189. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol39/Mishchenko.pdf>.
6. Ствол пожарный ручной. Технические условия : ГОСТ 9923-93 [Действ. 10.03. 1980]. – М. : Издательство стандартов. – 11 с.
7. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряд допусков, предельные отклонения отверстий и валов : ГОСТ 25347-2013 [Действ. 01. 07.2015]. – М. : Стандартинформ, 2015. – 54 с.

8. Ольшанский В. П. Приближенные методы расчета гидравлических пожарных струй / В. П. Ольшанский, В. М. Халыпа, О. А. Дубовик. – Харьков : Митець, 2004. – 116 с.

9. Метрологія та стандартизація. Конспект лекцій / Уклад. І. В. Міщенко, С. О. Вамболь, Т. М. Курська. – Х. : АЦЗУ, 2006. – 137 с.

10. Вамболь С. А. Системы управления экологической безопасностью, которые используют многофазные дисперсные структуры : монография [Электронный ресурс] / С. А. Вамболь. – Х. : НАКУ им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 2013. – 204 с. – Режим доступа : http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/VambolSO_monograph_2013.pdf.

11. Сучасні способи підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок: монографія [Електронний ресурс] / С. О. Вамболь, О. П. Строков, В. В. Вамболь, О. М. Кондратенко. – Х. : Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.), 2015. – 212 с. – Режим доступа: http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/VambolSO_StrokovOP_VambolVV_KondratenkoOM_mono_graph_2015.pdf.

12. Вамболь С. О. Врахування зміни напору при визначенні впливу нормативної точності виготовлення пожежного ствола на дальність польоту струменя води [Електронний ресурс] / С. О. Вамболь, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. В. Метельов // Проблеми пожежної безпеки. – 2016. – Вип. 40. – С. 57 – 65. – Режим доступу : <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/vambol,mishchenko.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2017

А. Н. Кондратенко, И. В. Мищенко, Г. А. Чернобай

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ НАПОРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЛИЯНИЯ НОРМАТИВНОЙ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЖАРНОГО СТВОЛА НА ВЫСОТУ ПОДЪЕМА СТРУИ ВОДЫ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОГЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Учтены изменения пьезометрического напора на входе в ручной пожарный ствол в методике оценки воздействия нормативной точности изготовления диаметра его выходного отверстия на геометрические характеристики траектории струи воды, а именно высоты ее подъема. Используются основные положения научных дисциплин «Техническая механика жидкости и газа», «Метрология и стандартизация» и «Техногенно-экологическая безопасность». Разработана соответствующая методика и осуществлена расчетная оценка таких аспектов, в чем и заключается научная новизна проведенного исследования. Результаты исследования, проиллюстрированные в табличном, графическом и формульном виде, возможно использовать для прогнозирования геометрических характеристик траектории струи воды из ручного пожарного ствола, в чем и заключается практическая ценность проведенного исследования.

Ключевые слова: техногенно-экологическая безопасность, пожарная безопасность, ручной пожарный ствол, траектория струи, дальность полета, погрешности измерений, напор.

O. Kondratenko, I. Mischenko, G. Chernobay

ACCOUNTING FOR PRESSURE CHANGE IN THE IMPACT DETERMINATION OF REGULATORY MANUFACTURING PRECISION OF FIRE NOZZLE ON THE ITS WATER JET HEIGHT OF LIFTING DURING THE ENSURING OF TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL SAFETY

In the present paper the changes in pressure at the manual fire nozzle inlet hole in assess procedure for impact of the regulatory manufacturing precision of its outlet hole diameter on its water jet trajectory geometric characteristics, namely on its height of lifting have been taken into account. The main provisions of the scientific disciplines, "Technical mechanics of liquid and gas", "Metrology and standardization", "Technogenic and environmental safety" have been used. The appropriate methodology has been developed, the estimated evaluation has been conducted, and that is the scientific novelty of the research. The results of the study are illustrated in tabular, graphical, and equation form and may be used to predict geometric characteristics of the trajectory of the spray water from the manual fire barrel, and that is the practical value of the study.

Keywords: technogenic and ecological safety, fire safety, manual fire nozzle, jet trajectory, flight range, measurement errors, pressure.

УДК 504.064.3+543.32/34

В. М. Лобойченко, к. х. н., с. н. с., доц. каф.

О. Є. Васюков, д. х. н., проф.

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВОДОЙМИЩ ЗА ПАРАМЕТРОМ ПИТОМОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ

В роботі досліджено мінеральний склад поверхневих вод різних водоймищ за параметром питомої електропровідності. Проаналізовано стан окремих водних джерел Харківської області в осінньо-весняний період на прикладі ставків Лозівського району (Харківська область), Олексіївського водосховища (м. Харків), Червоноскільського водосховища (Борівський район, Харківська область). Отримано, що у весняний період зростає електропровідність води Олексіївського водосховища, яке знаходиться під антропогенним навантаженням у межах міста. У ставках Лозівського району спостерігається зворотна картина – відбувається зростання електропровідності води від ставка 1 до ставка 5 на 40 % (осінь) та 52 % (весна).

Ключові слова: водосховище, мінералізація, поверхневі води, питома електропровідність, якість води, антропогенне навантаження.

Постановка проблеми. Мінеральний склад поверхневих вод водосховищ господарсько-питного призначення визначає не лише санітарно-гігієнічні якості питних вод, але й відображає природні та техногенні умови формування вод на водозбірній площі. Незадовільний стан природних вод водойм може призвести як до ушкоджень людського організму, так і до порушень нормального функціонування природних екосистем [1–5]. Враховуючи постійно зростаючий антропогенний тиск на довкілля, питання охорони та використання водних ресурсів є одним з основних напрямів державної політики в галузі екологічної безпеки та природокористування. Беручи до уваги, що Україна відноситься до найменш забезпечених водою держав Європи, поводження з водними ресурсами потребує ретельного догляду [1].

Серед областей України найбільш забезпечені ресурсами місцевого стоку західні області, найменш – Дніпропетровська, Херсонська, Одеська області. Найбільшими водоспоживачами виступають Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Київська, Херсонська, Одеська, Харківська області та м. Київ. Харківську область також можна віднести до малозабезпечених водними ресурсами, при тому, що вона відноситься до урбанізованих потужних промислових центрів та має розвинуте сільське господарство, які потребують значної кількості води задовільної якості [5–6].

Моніторинг поверхневих вод в умовах природних та техногенних навантажень є складною проблемою для забезпечення екологічної безпеки кожного регіону.

Враховуючи вищезазначене, дослідження мінерального складу поверхневих вод водосховищ за показником питомої електропровідності для оцінки впливу природних і антропогенних чинників є актуальним питанням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стан поверхневих вод водойм залежить від багатьох природних та антропогенних чинників. На сьогодні переважаючим є вплив антропогенних факторів,

серед яких можна виділити житлове господарство, промисловість, сільське господарство [7–10].

В [9] наголошується на зростаючому впливі зливових вод та стічних вод від поливання і миття міських територій на забруднення поверхневих вод міста.

В роботі [11] автори розглядають загальні питання погіршення якості питної води з поверхневих джерел Харківської області та визначають основні чинники впливу. Порівняльний аналіз води з джерел урбанізованих та неурбанізованих територій проведено в [12]. Неузбачено, що землекористування та тип рослинного покриву є факторами впливу на якість води. В [13] розглянуто вплив розораних сільгоспземель на стан прилеглих водних об'єктів та виділено можливі чинники антропогенного навантаження. Вплив міського середовища на стан водних об'єктів досліджено в низці праць [14–20]. Вплив комунальних підприємств на підземні та поверхневі води досліджено в [14, 20] і запропоновано заходи, спрямовані на зменшення негативного впливу об'єктів комунально-побутового господарства. Переважаюча роль поверхневого стоку у формуванні складу й якості річних вод м. Житомир відзначена в [15]. В [16–17] автори резюмують, що якість води у міських водоймах наближається до погано очищених міських стоків і наголошують на необхідності ефективного вирішення природоохоронних завдань. Дослідження міських водойм здійснено авторами у [18, 19]. Вказано роль вітрового та стокового факторів у формуванні якості води водойм [18]. В роботі [19] оцінено якість води озер системи Опечень (м. Київ) за низкою забруднюючих факторів. В [21] досліджено вплив діяльності окремих об'єктів на зміни якості води водосховища. Тобто питання дослідження водойм, що знаходяться під антропогенним тиском, є на сьогодні актуальним завданням екологічної безпеки. Але для кожного випадку необхідно ретельне дослідження впливу окремих забруднюючих факторів на якість поверхневих вод.

Постановка завдання та його вирішення. Мета роботи – дослідити мінеральний склад поверхневих вод водосховищ Харківської області за показником питомої електропровідності для оцінки впливу природних і антропогенних чинників.

Для водойм, що мають рибогосподарське значення, якість води регламентується екологічними нормативами за [22], для поверхневих вод – за [23]. Причому в ряді випадків рибогосподарські нормативи більш суворі, порівняно з «питними» нормативами [24, 25].

У свою чергу, аніонний та катіонний склад води є її індивідуальною характеристикою, яка зумовлює властивості води та її придатність до використання. Показники якості води є різноманітними – рН, вміст іонів металів та неметалів, ХСК, БСК, мінералізація, електропровідність, сухий залишок, органолептичні показники тощо. Проведення досліджень при цьому часто потребує наявності спеціального, інколи недешевого, обладнання, лабораторії, реактивів, тощо. В умовах спостереження, коли необхідно виявити безпосередньо факт змін стану мінерального складу водного об'єкта, вище перелічені складові не є обов'язковими. Є бажаною наявність інформативного експресного параметра.

В роботі запропоновано використовувати в якості інформативного експресного показника питому електропровідність водного розчину [26]. Параметр електропровідності може виступати характеристикою загальної мінералізації розчину та пов'язаний з нею пропорційною залежністю через коефіцієнт (0,55–0,75) [27].

Дослідження питомої електропровідності зразків води, відібраних з водойм Харківської області, виконано на кафедрі охорони праці та техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України. Проби відбирали відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667-4-2003 Якість води. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб з природних та штучних озер [28]. Проби відбирали із приповерхневого шару води на глибині 0,2 м пластиком посудом. Дослідження проводили кондуктометричним методом, кількість вимірювань для кожного зразка води $n = 5$. При обчисленні результатів використовували стандартні статистичні підходи [29]. Відносне середньоквадратичне відхилення, що виступає характеристикою похибки вимірювань, не перевищує 1 %.

Як об'єкти досліджень було взято ряд ставків Лозівського району Харківської області поблизу с. Петропілля та Олексіївське водосховище (м. Харків). Для порівняння використовували воду Червонооскільського водосховища (Борівський район, Харківська область). Зразки води відібрані в осінньо-весняний період.

Місця відбору проб наведено на рисунках. 1, 2, 3.

Ставки Лозівського району поблизу с. Петропілля знаходяться посеред розораних ґрунтів, висота їх розташування над рівнем моря зменшується від т. 1 до т. 5 (див. рис. 1). Результати дослідження питомої електропровідності проб води з усіх ставків наведено в таблиці 1.



Рисунок 1 – Місця відбору проб води у ставках Лозівського району поблизу с. Петропілля.
1, 2, 3, 4, 5 – ставки



Рисунок 2 – Місця відбору проб води Олексіївського водосховища: 1'' – вхід води у водоймище; 2'' – вихід води з водоймища

Наступний об'єкт дослідження – Олексіївське водосховище: розташоване в межах Шевченківського району м. Харкова, є частиною річки Олексіївка. Воно має штучне походження та планувалось для використання в рекреаційних цілях. Водосховище оточене, з одного боку, приватними гаражами, з іншого – домами приватного сектору та багатоповерхівкою. Ложе водосховища вкрите поліетиленовою плівкою внаслідок фільтраційних втрат. Живлення – дощове та поверхневий стік.

Проаналізовано проби води на вході та виході з водосховища в осінньо-весняний період (див. рис. 2).

Результати дослідження води Червонооскільського водосховища, що є об'єктом рекреаційного та питного водокористування, наведено в табл. 1. Як видно з отриманих результатів, для ставків Лозівського району спостерігається зростання значення показника

питомої електропровідності поверхневих вод від ставка 1 до ставка 5 як в осінній, так і у весняний період, відповідно на 40 % та 52 %.

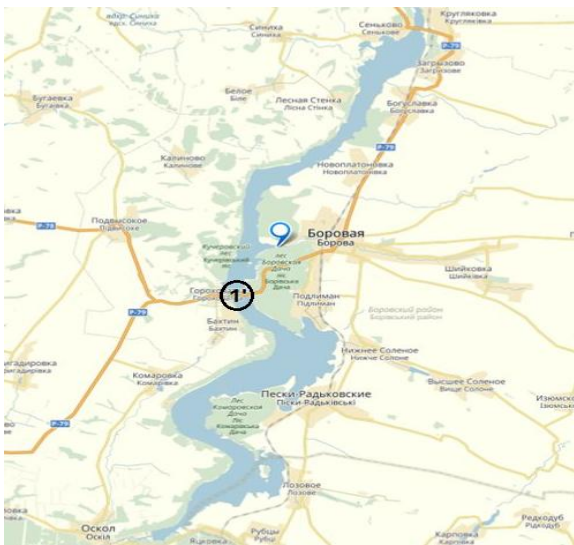


Рисунок 3 – Місце відбору проб води Червонооскільського водосховища: 1' – точка відбору проб на мості

Враховуючи розташування ставків над рівнем моря, можна відмітити, що відбувається поступове накопичення розчинених солей у ставках за зменшення висоти розташування над рівнем моря. Причому є характерною весняна інтенсифікація накопичення вмісту цих солей. Нерівномірність зростання параметру електропровідності поверхневих вод від ставка 1 до ставка 5 в осінньо-весняний період ймовірно пов'язана з особливостями рельєфу досліджуваної розораної території. У весняний період у ставках відбувається зниження електропровідності відповідно на 13 %, 26 %, 19 %, 12 %, 6 %. Сам факт зменшення солемісту, вочевидь, пов'язаний із таненням чистого снігу на сільгоспугіддях та потраплянням талої води до ставків.

Нелінійність розведення води у ставках також, ймовірно, може бути пов'язана із особливостями рельєфу місцевості.

Для Олексіївського водосховища спостерігається інша ситуація (див. табл. 1). В осінній період якість води на вході у водосховище та на виході з нього за показником питомої електропровідності поверхневих вод майже незмінна, що свідчить про відсутність значного впливу прилеглих об'єктів на загальний стан води водосховища в цей час.

Таблиця 1 – Результати вимірювання параметра питомої електропровідності вод досліджуваних водних об'єктів

Сезон	Параметр	Ставки, Лозівський район					Олексіївське водосховище		Червонооскільське водосховище
		1	2	3	4	5	вхід	вихід	
Осінь	$X_{\text{ср}}$, мкСм/см	4480	5480	5700	6010	6310	880	878	706
	S_r , %	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	1,4	0,5	0,8
Весна	$X_{\text{ср}}$, мкСм/см	3910	4050	4600	5270	5960	984	960	648
	S_r , %	0,3	0,1	0,1	0,1	0,9	0,6	0,1	0,7
	$X_{\text{ср}}$ (осінь) – $X_{\text{ср}}$ (весна), %	-13	-26	-19	-12	-6	+12	+9,3	-8,2

Навесні, як видно з таблиці 1, по-перше, відбувається загальне підвищення електропровідності поверхневих вод водосховища на 12 % (вхід у водосховище) та 9,3 % (вихід із водосховища), та, по-друге, спостерігається незначне зниження (на 2 %) цього параметра у воді на виході з водосховища.

Вищезазначене, ймовірно, може бути зумовлене тим, що талі води навесні з поверхневим стоком активно насичують воду водосховища розчинними забруднюючими речовинами з прилеглої території, що підтверджує негативний вплив оточуючих водосховище складових урбоєкосистеми м. Харків. З іншого боку, при проходженні води від місця впадіння річки Олексіївка до виходу з водойми відбувається її незначне розведення, тобто можна припустити, що вода річки Олексіївка дещо більш забруднена навесні, ніж вода водоймища.

В обраних за референтні пробах води з Червонооскільського водосховища під час дослідження навпаки, спостерігається навесні зниження параметра електропровідності поверхневих вод (на 8,2 %) (див. табл. 1). Це свідчить, ймовірно, про розведення чистими талими водами води водосховища.

Окремо слід відзначити значення показника питомої електропровідності поверхневих вод для досліджуваних об'єктів. Якщо припустити, що навесні зміни якості води зумовлені талими водами, а характерними для водойм є осінні показники, то можна сказати, що найменше розчинних солей міститься у воді Червонооскільського водосховища, а найбільше – у ставках Лозівського району.

Висновки. Досліджено стан поверхневих вод Олексіївського водосховища, низки ставків Лозівського району Харківської області, Червонооскільського водосховища за показником питомої електропровідності.

1. Для поверхневих вод ставків Лозівського району Харківської області характерним є значення електропровідності 4480–6310 мкСм/см, для Олексіївського водосховища – 879 мкСм/см, для Червонооскільського водосховища – 706 мкСм/см. S_r для всіх випадків не перевищує 1 %.

2. Навесні у поверхневих водах ставків Лозівського району та Червонооскільського водосховища нелінійно знижується вміст мінеральних солей, значення показника питомої

електропровідності поверхневих вод водних об'єктів падає від 6 % до 26 %. І навпаки, вміст мінеральних речовин у поверхневих водах Олексіївського водосховища навесні підвищується, значення показника електропровідності поверхневих вод зростає на 10–12 %, що вказує на наявність

антропогенних чинників на водозбірній площі. Отримані результати говорять про те, що з допомогою визначення питомої електропровідності поверхневих вод можна оцінювати та розрізняти природні й антропогенні чинники, які впливають на мінеральний склад поверхневих вод водних об'єктів.

Література

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, ФООП Грін Д. С. – 2016. – 350 с.
2. Прокопов В. О. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення / В.О. Прокопов, О. Б. Липовецька // Гігієна населених місць. – 2012. – Вип. 59. – С. 63–74.
3. Липовецька О. Б. Вплив мінерального складу питної води на хвороби органів травлення дорослого населення (на прикладі м. Херсона) / О. Б. Липовецька // Гігієна населених місць. – 2015. – № 65 – С. 290–295.
4. Прокопов В. О. Вплив мінерального складу питної води на хвороби системи кровообігу / В. О. Прокопов О. Б. Липовецька, М. Ю. Антомонов // Довкілля та здоров'я (ENVIRONMENT & HEALTH). – 2016. – № 1. – С.54–58.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2015 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dostup.pravda.com.ua/request/13950/response/22413/attach/5/.pdf>.
6. Екологічний паспорт Харківської області за 2015 рік. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/kharkivska>.
7. Осадчий В. І. Вплив урбанізованих територій на формування хімічного складу поверхневих вод басейну Дніпра / В. І. Осадчий, Н. М. Осадча, Н. М. Мостова // Зб. наук. пр. УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. 250. – С. 242–261.
8. Коцюба І. Г. Дослідження сучасного стану забруднення вод гідрографічної мережі Житомирського району / Ш. Г. Коцюба, А. О. Коробійчук, Л. М. Радченко // Екологічні науки. – 2014. – № 6. – С. 96–103.
9. Осадчий В. І. Вплив урбанізованих територій на формування хімічного складу поверхневих вод басейну Дніпра / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Н.М. Мостова // Зб. наук. пр. УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. 250. – С. 242–261
10. Израель Ю. А. Контроль окружающей среды / Ю. А. Израель. – Л. : Гидрометеоиздат, 1990. – 560 с.
11. Третьяков О. В. Повышение уровня экологической безопасности питьевого водоснабжения Харьковского региона (Украина) / О. В. Третьяков, Т. О. Шевченко, В. Л. Безсонний // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – 5/10 (77). – С. 40–49.
12. Chen, X. Spatial-Temporal Variations of Water Quality and Its Relationship to Land Use and Land Cover in Beijing, China / Chen, X., Zhou, W., Pickett, S. T., Li, W., L. Han, // Int. J. Environ. Res. Public Health 13. – № 5 – С. 449. doi:10.3390/ijerph13050449.
13. Лобойченко В. М. Закономірності зміни мінералізації водних витяжок розораних ґрунтів Лозівського району Харківської області / Лобойченко В. М. // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2015. – № 12. – С 67–76.
14. Гіроль А. М. Вплив систем водопровідно-каналізаційного господарства на якість поверхневих і підземних вод / А. М. Гіроль // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки : зб. наук. Праць. – 2013. – Вип. 1 (61). – С. 110–122.
15. Піціль А. О. Оцінка забруднення поверхневого стоку та його вплив на якість водних джерел на міських ландшафтах / А.О. Піціль // Вісник ЖНАЕУ. – 2012. – Т. 1, № 1, – С. 391–401.
16. Болонина Г. В. Геоэкологическая оценка состояния водоемов агломератов в условиях городской среды / Г. В. Болонина, А. Н. Мармилов, Чигина Т. С., Е. Н. Свечникова // Геология, география и глобальная энергия. – 2015. – № 1. – С. 171–179.
17. Болонина, Г. В. Геоэкологическая оценка состояния внутригородских водоемов агломератов Прикаспийского региона / Г. В. Болонина, И. С. Шарова, М. В. Дмитриева // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 1. – С. 146–152.
18. Батог С. В. Гідродинамічна характеристика водойм м. Києва / С. В. Батог // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 2. – С. 55–68.
19. Панасюк І. В. Якість води у міських водоймах та характер освоєння водоохоронних зон (на прикладі озер системи «Опечень», м. Київ) / І. В. Панасюк, А. І. Томільцева, Л. М. Зуб, Ю. В. Погорелова // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – № 4. – С. 63–69.
20. Магась Н. І. Оцінка ступеня екологічної небезпеки об'єктів на прикладі комунальних підприємств Миколаївської області / Н. І. Магась, А. Г. Трохименко // Екологічна безпека. – 2015. – Вип. 2. – С. 48–53.
21. Loboichenko V. M. Application of direct coulometry for rapid assessment of water quality in Krasno-Oskol Reservoir (Kharkiv Region, Ukraine) / V. M. Loboichenko, T. S. Tishakova, A. E. Vasuykov // Der Pharma Chemica. – 2016. – № 8 (19). – P. 27–34.
22. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М. : Изд. ВНИРО, 1999. – 304 с.

23. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : СанПиН 4630-88. – Утверждены приказом Министерства Здравоохранения СССР № 4630-88 от 04.07.1988 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4630400-88/print1389992448132645>.
24. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств : ДСТУ ГОСТ 27384:2005. (ГОСТ 27384-2002. IDT). – К.: Госпотребстандарт Украины, 2006. – 14 с.
25. Клименко М. О. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод [Електронний ресурс] / М. О. Клименко, Н. М. Вознюк, К. Ю. Вербецька // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів та природокористування. – 2012. – Вип. 8 (30). – Режим доступа : http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf.
26. Дослідження електропровідності водних об'єктів та ґрунтів як складова їх екологічної безпеки / Лобойченко В. М., Діденко В. В., Ляховий О. О. // Екологічна безпека держави: тези доповідей ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. м. Київ, 16 квітня 2015 р., Національний авіаційний університет / редкол. О. І. Запорожець та ін. – К.: НАУ, 2015. – с. 143.
27. Hem J. D. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Second Edition – Geological Survey Water Supply Paper 1473 – United States Government Printing Office. Washington, 1970. – 363 p.
28. Якість води. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб з природних та штучних озер ДСТУ ISO 5667-4-2003 (ISO 5667-4:1987, IDT) . – К.: Держспоживстандарт, 2003 – 11 с.
29. Дворкин В. И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа / Дворкин В. И. – М.: Химия, 2001. – 263 с.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2017

В. М. Лобойченко, А. Е. Васюков

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОЕМОВ ПО ПАРАМЕТРУ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

В работе исследован минеральный состав поверхностных вод разных водоемов по параметру удельной электропроводности. Проанализировано состояние отдельных водных источников Харьковской области в осенне-весенний период на примере прудов Лозовского района (Харьковская область), Алексеевского водохранилища (г. Харьков), Краснооскольского водохранилища (Боровский район, Харьковская область). Получено, что в весенний период возрастает электропроводность воды Алексеевского водохранилища, которое находится под антропогенной нагрузкой в пределах города. В прудах Лозовского района отмечается обратная картина – происходит увеличение электропроводности воды от пруда 1 к пруду 5 на 40 % (осень) и 52% (весна).

Ключевые слова: водохранилище, минерализация, поверхностные воды, удельная электропроводность, качество воды, антропогенная нагрузка.

V. Loboychenko, O. Vasyukov

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON THE STATE OF SURFACE WATER OF RESERVOIRS BY THE PARAMETER OF SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY

The mineral composition of the surface waters of different water bodies by the parameter specific electrical conductivity was studied. The state of the individual water sources of Kharkiv region in autumn and spring (on example of ponds of Lozovsky district (Kharkiv region), Oleksievske reservoir (Kharkiv), Krasnooskolske reservoir (Borovsky district, Kharkiv region) was analyzed.

It was found that electrical conductivity of water of Oleksievske reservoir which is under anthropogenic load in the city is increasing in the spring. The opposite picture was marked in ponds of Lozivky district, there is an increase in the specific electrical conductivity of the water from the pond to pond 1 5 40% (autumn) and 52% (spring).

Keywords: reservoir, mineralization, surface water, specific electrical conductivity, water quality, anthropogenic load.

А. Н. Лицкевич, зав. лаб.

М. В. Гулькович, м. н. с.

О. А. Черничко, м. н. с.

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси
ул. Московская, 204/1-1, г. Брест, Республика Беларусь, 224020

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КАЧЕСТВЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ

Рассматривается возможность применения осадков сточных вод молокоперерабатывающих предприятий в качестве сырья для получения нетрадиционных органических удобрений. Представлены результаты исследований качественных характеристик осадков молокоперерабатывающих предприятий, подтверждающие их высокую удобрительную ценность. Приведены результаты микробиологического исследования осадка сточных вод, которые показывают несоответствие сырого осадка санитарно-гигиеническим нормативам, что требует обязательного обеззараживания перед использованием его в сельском хозяйстве. Предложен способ получения органического удобрения на основе осадка путем компостирования с добавлением отхода свеклосахарного производства (дефеката). Показано, что использование органического удобрения на основе осадка сточных вод и дефеката повышает урожайность растительной продукции.

Ключевые слова: осадки сточных вод, утилизация осадков, нетрадиционные удобрения, компостирование, тяжелые металлы.

Постановка проблемы. Одной из ключевых эколого-экономических проблем в Республике Беларусь является рациональное обращение с отходами производства и других сфер хозяйственной деятельности.

Масштабы производственной деятельности в регионах Беларуси с каждым годом возрастают и, соответственно, увеличивается образование отходов. Так, любая степень очистки производственных сточных вод связана с выделением осадков, которые, накапливаясь в больших объемах, представляют серьезную экологическую угрозу. В связи с этим возникает проблема использования осадков сточных вод (ОСВ) и их побочных продуктов. Как уменьшить довольно большие эксплуатационные расходы на очистных станциях, а может быть, добиться их самоокупаемости и даже рентабельности?

ОСВ представляют собой примеси в твердой фазе, выделенные из воды в результате механической, физико-химической и биологической очистки или сочетания этих методов. По своему химическому составу ОСВ могут служить удобрением для сельскохозяйственных культур. Однако, по литературным данным, имеется ряд ограничений использования их в этом направлении (наличие в них тяжелых металлов и др.). В каждом конкретном случае требуется специфический подход к использованию ОСВ, так как каждое предприятие имеет осадки определенного качества, количества и состава.

Опыт утилизации ОСВ в ФРГ, США, Франции, Финляндии и ряде других стран свидетельствует о том, что при наличии эффективной технологии обработки осадков и контроле за их применением большая часть ОСВ (до 60 %) может быть использована в качестве удобрения в сельском хозяйстве, в городском озеленении, а также при рекультивации земель, лесовосстановительных и других работах.

В таких странах, как Нидерланды, Бельгия и Швейцария, сельскохозяйственное использование ОСВ запрещено или ограничено, поэтому осадок сжигают. В других странах (например, в Эстонии и Норвегии) компостируемый осадок применяется для благоустройства зеленых зон. В некоторых странах, например, в Исландии, Мальте и Греции, весь осадок вывозится на полигоны ТБО. В России и Беларуси распространен сбор осадка в илонакопителях [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Многочисленные исследования показали, что ОСВ содержат большое количество соединений азота и фосфора и, как правило, мало калия. В литературе [2–4] приводятся следующие колебания в содержании основных элементов питания осадков: по азоту – 0,8–7,65 %, фосфору – 0,6–5,6 %, калию – 0,1–2,83 %.

Высокое содержание органического вещества и ценных питательных компонентов для растений в осадках позволяет рассматривать их в качестве заменителей традиционных органических удобрений [5, 6].

При этом большое внимание уделяется содержанию в осадке тяжелых металлов (ТМ), поскольку именно они в большей степени оказывают негативное воздействие на окружающую среду [7, 8].

За последние несколько лет разработаны различные способы получения нетрадиционных удобрений из ОСВ. Предложен способ переработки ОСВ [9], включающий перевод осадка в пастообразное состояние путем перемешивания с пастообразующим агентом (биокомпост, древесные опилки, торф, полуперепревший навоз), последующее формирование гранул и их сушку. Полученные таким образом гранулы характеризуются высокой долей биологически ценных веществ в единице объема и обладают повышенной способностью к ускоренному

механическому разрушению после внесения в почву.

Известен способ получения органического удобрения на основе ОСВ и хвойно-лиственного опила [10]. В качестве сорбента после термофильной стадии добавляют органические отходы в виде отработанного грибного субстрата или плодоовощных отходов, взятые в количестве 10–12,5 % по массе сухого вещества. Применение органических отходов в качестве добавок для снижения степени загрязнения и токсичности нетрадиционных удобрений является безвредным для окружающей среды, благоприятно сказывается на агрохимических свойствах удобрения и снижает подвижность ТМ в компосте.

После обработки ОСВ химическим реагентом, в качестве которого используются сточные воды производства карбамидоформальдегидных смол, и его обезвоживания осадок может быть утилизирован как удобрение в сельском хозяйстве [11].

В УО «Белорусский государственный технологический университет» разработан способ переработки ОСВ с получением удобрения,

включающий обработку осадков материалами с высокой адсорбционной способностью, механическое обезвоживание и сушку [12].

Несмотря на большой интерес, проявленный к осадкам как вторичному сырью, на настоящий момент удобрения на основе ОСВ являются новыми и пока малоизученными, что нередко создает неоднозначное к ним отношение.

Постановка задачи и ее решение. Целью исследований являлось изучение качественных характеристик ОСВ очистных сооружений молокоперерабатывающих предприятий как потенциальных ингредиентов нетрадиционных органических удобрений.

Удобрительную ценность ОСВ молокоперерабатывающих предприятий определяли по следующим показателям (см. табл. 1): рН_{KCl}, содержание сухого вещества, органического вещества, золы, общего азота, который включает азот органических соединений, нитратный (N–NO₃) и аммонийный азот (N–NH₄), подвижного фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O).

Таблица 1 – Качественные характеристики ОСВ молокоперерабатывающих предприятий

ОСВ	Влажность, %	рН	Орг. в-во, %	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (флотошлам)	86,12	6,2	79,7	4,15	1,86	2,49
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (избыточный активный ил)	98,15	6,4	97,0	0,90	4,72	3,39
ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод»	82,96	5,1	92,59	4,03	1,48	0,87
ОАО «Щучинский маслосырзавод»	85,46	5,7	77,05	2,11	2,75	0,91

ОСВ в качестве удобрений могут использоваться при разном уровне влажности. Влажность исследованных осадков значительна. Наибольшую влажность (98,15 %) имеет избыточный активный ил ОАО «Березовский сыродельный комбинат». Значения влажности образцов ОСВ остальных молокоперерабатывающих предприятий находятся в пределах 82,96–86,12 %.

Одним из требований к ОСВ для их использования в качестве сырья с целью получения

удобрений является массовая доля органических веществ в сухом веществе, которая должна составлять не менее 20% [13]. Все изученные образцы ОСВ характеризуются высоким содержанием органического вещества, значения которого находятся в пределах 77,05–97,0 %.

Основными компонентами органической части ОСВ являются белково-, жиро- и углеводоподобные вещества; при этом значительную долю составляют белки (см. табл. 2).

Таблица 2 – Основной состав ОСВ молокоперерабатывающих предприятий

ОСВ	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (флотошлам)	36,995	5,52	6,14
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (избыточный активный ил)	21,435	1,055	6,97
ОАО «Щучинский маслосырзавод»	36,84	3,77	4,3

Согласно [13] ОСВ можно использовать в качестве удобрений при реакции среды (рН_{KCl}) осадков в пределах 5,5–8,5. Осадки, имеющие значение реакции среды (рН вытяжки) более 8,5, могут применяться на кислых почвах в качестве организоизвестковых удобрений. Реакция среды исследованных осадков составляет 5,1–6,4. При использовании ОСВ с низким значением рН в

качестве удобрения необходимо повышать реакцию среды с помощью высокощелочных реагентов (например, извести).

Содержание общего азота в исследованных осадках изменяется в диапазоне от 0,90 до 4,15 %, а подвижных соединений фосфора – от 1,48 до 4,72 %. Согласно [13] содержание общего азота и фосфора в осадках должно быть не менее 0,6 и 1,5 %

соответственно. При старении осадков в процессе хранения фосфор практически полностью сохраняется. Применение ОСВ, имеющих небольшой запас доступного калия, должно сопровождаться дополнительным внесением в почву минерального калия.

Качество осадков в отношении ТМ определяли по содержанию следующих элементов: кадмия,

хрома, меди, цинка, никеля, свинца, кобальта и марганца (таблица 3). Содержание всех ТМ в исследованных осадках не превышает установленных для них ПДК. В этом случае приоритетным загрязнителем признается металл, содержание которого больше других приближено к ПДК. Таковым для всех исследованных образцов ОСВ является цинк.

Таблица 3 – Содержание ТМ в ОСВ молокоперерабатывающих предприятий

ОСВ	Концентрация элемента в абсолютно сухой массе, мг/кг							
	Pb	Cd	Zn	Cu	Mn	Ni	Co	Cr
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (флотошлам)	5,77	0,035	38,87	1,21	36,20	6,03	0,85	7,52
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (избыточный активный ил)	1,01	0,015	14,50	1,12	4,68	0,61	0,14	6,78
ОАО «Верхедвинский маслосырзавод»	1,54	–	26,30	18,10	35,62	4,02	–	9,99
ОАО «Щучинский маслосырзавод»	0,76	0,03	31,40	3,79	13,49	1,57	0,28	10,68
ПДК для почв (валовые формы) [14]	32	0,5	55	33	–	20	20	100
ПДК, установленная для осадков группы I [13]	250	15	1750	70	–	200	–	500

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что ОСВ молокоперерабатывающих предприятий – надежный источник пополнения запасов органического вещества, азота и фосфора в почве, а дефицит по калию легко устраним при дополнительном внесении этого элемента в виде минеральных удобрений.

Однако использование в сельском хозяйстве ОСВ связано с рядом санитарно-гигиенических проблем. Одна из них – потенциально высокое содержание патогенной и условно-патогенной микрофлоры. В ОСВ могут содержаться: шигеллы, сальмонеллы, микобактерии, вирусы и др. Поступив в почву вместе с осадками, патогены долго сохраняются в окружающей среде, что приводит к ухудшению санитарно-гигиенических показателей в почве. В настоящее время нормирование ОСВ проводится по наличию БГКП и патогенной микрофлоры [13, 14]. Содержание санитарно-показательных бактерий в ОСВ ОАО «Щучинский

маслосырзавод» отражено в табл. 4.

Из исследуемого образца ОСВ не было выделено патогенных энтеробактерий родов *Salmonella* и *Shigella*.

Титр БГКП составил в нем 0,000001 при норме не <0,01 [13].

Использование технологии компостирования позволит увеличить содержание твердой фазы, стабилизировать органическую составляющую, уменьшить содержание ТМ и обеспечить максимальное обеззараживание ОСВ.

Применив данный технологический прием, нами было получено органическое удобрение на основе ОСВ ОАО «Щучинский маслосырзавод».

Для создания пористой структуры и необходимой влажности компостирование ОСВ осуществляли с наполнителем, в качестве которого был использован отход свеклосахарного производства (дефекат ОАО «Скидельский сахарный комбинат») в количестве 15 % по массе на естественную влажность.

Таблица 4 – Санитарно-показательные бактерии в ОСВ

Образец	Титр БГКП	Титр энтерококков	Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы	Титр <i>Cl. perfringens</i>
ОСВ сырой ОАО «Щучинский маслосырзавод»	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	0	0,1
Гигиеническая норма для почв [15]	1,0 и выше	1,0 и выше	0	0,01 и выше
Норма для ОСВ [13]	0,01 (ОСВ I группы) 0,001 (ОСВ II группы)	-	-	-

Использование технологии компостирования позволит увеличить содержание твердой фазы, стабилизировать органическую составляющую, уменьшить содержание ТМ и обеспечить максимальное обеззараживание ОСВ.

Дефекат (фильтрационный осадок) представляет собой отход сахарного производства; образуется в процессе очистки диффузионного сока, включающего предварительную и основную дефекацию, I и II сатурации, сульфитацию и промежуточные фильтрации сока. Фильтрационный осадок состоит, главным образом, из углекислого кальция (до 70 % и более).

Высокое содержание в составе дефеката углекислой и едкой извести позволяет его применять для обеззараживания ОСВ и получения почвоулучшающей добавки, обладающей известкующим эффектом.

Результаты химического анализа дефеката ОАО «Скидельский сахарный комбинат» показали, что содержание органического вещества составляет 19,68 %, общего азота – 0,45 %, подвижного фосфора и калия – 0,035 % и 0,019 % соответственно; рН данного вида отходов находится в диапазоне 8,96–9,7.

В сухом веществе полученного органического удобрения содержалось 52 % органического вещества, 2,0 % общего азота, 1,8 % подвижных

соединений фосфора и 0,9 % подвижных соединений калия при рН 6,8.

Опытный образец органического удобрения соответствовал гигиеническим нормативам для почв.

Эффективность применения полученного органического удобрения на основе ОСВ была изучена на дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании кукурузы сорта «Полтава 202 СВ». В схему опыта включен вариант с традиционной системой выращивания кукурузы (эталон) и 2 варианта с экспериментальным удобрением. Расчет доз органического удобрения проведен по потребности в азоте сельскохозяйственной культуры – кукурузы.

Результаты полевых опытов показали, что органическое удобрение на основе ОСВ ОАО «Щучинский маслосырзавод» повышает урожайность зеленой массы кукурузы на 11,4 % в дозе 80 кг N/га (см. табл. 5). При этом отмечено, что процент прибавки урожая не адекватен увеличению дозы удобрения. При применении дозы органического удобрения 120 кг N/га прирост прибавки снижался в 4,5 раза. Качество зеленой массы кукурузы при использовании экспериментального удобрения оказалось на уровне варианта с применением минеральных удобрений (эталона).

Таблица 5 – Влияние органического удобрения на основе ОСВ на урожай кукурузы

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Эталон – N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	395	–	–
Органическое удобрение на основе ОСВ, доза 80 кг N/га	440	45	11,4
Органическое удобрение на основе ОСВ, доза 120 кг N/га	405	10	2,5
НСР ₀₅	14,33	–	–

Выводы. В результате проведенных исследований установлено:

1. Высокое содержание органического вещества и ценных питательных компонентов для растений в ОСВ молокоперерабатывающих предприятий делает возможным их использование для получения нетрадиционных органических удобрений.

2. Компостирование ОСВ с добавлением дефеката позволило получить органическое удобрение, богатое питательными веществами, а по санитарно-бактериологическим показателям – безопасное для окружающей среды.

3. Эффективность органического удобрения на основе ОСВ и дефеката доказана полевыми опытами (получена прибавка урожайности кукурузы 11,4 % по отношению к эталону).

Авторы выражают особую благодарность сотрудникам лабораторий биохимии, лаборатории гидроэкологии и экотехнологий ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси Дашкевичу М. М., Чезловой О. Е., Басалай Е. Н. и Демянчуку А. Ф. за оказанную помощь при проведении исследований качественных характеристик ОСВ.

Литература

1. Обработка осадков сточных вод: полезный опыт и практические советы / Ян-Эрик Люфт [и др.] – 2012. – 125 с.
2. Мерзлая Г. Е. Экологическая оценка осадка сточных вод / Г. Е. Мерзлая // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4. – С. 38–42.
3. Czekalo, J. Osady Sciewe zrodlem materii organicznej i skladnikow pokarmowych / J. Czekalo // Folia Univ. agr. Stetin. – 1999. – № 77. – Р. 33–38.
4. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: Научно-теоретический журнал. – 2007. – № 1 (4). – С. 8–18.

5. Анализ существующих способов и оборудования для утилизации осадков сточных вод и перспективы их использования в качестве удобрений для сельского хозяйства / О. Б. Вагуева [и др.] // Аграрная Россия. – 2013. – № 5. – С. 24–32.
6. Кириллов, Н. А. Перспективы использования осадков сточных вод для повышения продуктивности малогумусных почв / Н. А. Кириллов, Н. А. Фадеева // Экологически вестник Северного Кавказа. – 2015. – № 1. – С. 79–83.
7. Осадки сточных вод – источник поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственные культуры / Д. Г. Свириденко [и др.] // Вестник РУДН. – 2015. – № 1. – С. 57–60.
8. Бушуев, Н. Н. Влияние внесения осадков сточных вод на загрязнение почв тяжелыми металлами / Н. Н. Бушуев, А. В. Шуравилин // Плодородие. – 2014. – № 4. – С. 40–41.
9. Пат : 2421288 Рос. Федерация : МПК⁷ В 09 В 3/00, С 05 F 7/00. Способ переработки осадка сточных вод / Лужков Ю. М., Воловик Е. Л. – № 2010114562/21 ; заявл. 13.04.10 ; опубл. 20.06.11, Бюл. № 17. – 6 с.
10. Пат : 2498969 Рос. Федерация : МПК⁷ С 05F 15/00. Нетрадиционное органическое удобрение / Бахтина Н. К., Мухортов Д. И., Малюта О. В., Романов Е. М. – № 2012105997/13 ; заявл. 20.02.12 ; опубл. 20.11.13, Бюл. № 32. – 5 с.
11. Пат : 5905 Респ. Беларусь : МПК⁷ С 02F 11/14. Способ стабилизации осадков сточных вод / Марцуль В. Н., Лихачева А. В., Каждан С. А., Савченко В. В.; заявитель и патентообладатель Бел. гос. технол. ун-т. – № а 19991050 ; заявл. 26.11.99 ; опубл. 30.03.04. – 3 с.
12. Пат : 14502 Респ. Беларусь : МПК⁷ С 02F 11/14. Способ переработки осадков сточных вод : / Соколов М. Т., Марцуль В. Н., Каждан С. А., Антипов С. В. ; заявитель и патентообладатель Бел. гос. технол. ун-т. – № а 20090162 ; заявл. 05.02.09 ; опубл. 30.06.11. – 5 с.
13. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений : ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. – [Введ. 23–01–01]. – М. : Госстандарт России, 2001. – 5 с.
14. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения : ГОСТ 17.4.3.05-86. – [Введ. 01–07–87]. – М., 1987–4 с.
15. Инструкция 4.2.10-12-9-2006. Методы санитарно-микробиологических исследований почвы : утв. пост. гл. гос. санит. врача 29–05–06. – Минск, 2006. –32 с.

Статья поступила в редакцию 05.04.2017

А. М. Ліцкевіч, М. В. Гульковіч, О. А. Чернічко

ВИКОРИСТАННЯ ОСАДІВ СТІЧНОЇ ВОДИ МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ В ЯКОСТІ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДОБРІВ

Розглянуто можливість використання осадів стічної води молокопереробних підприємств як сировини для одержання нетрадиційних органічних добрив. Представлено результати досліджень якісних характеристик осадів молокопереробних підприємств, які підтверджують їх високу удобрювальну цінність. Приведено результати мікробіологічних досліджень осадів стічної води, які показують невідповідність сирого осаду вимогам санітарно-гігієнічних нормативів, що потребує обов'язкового їх знезараження перед використанням у сільському господарстві. Запропоновано спосіб одержання органічного добрива на основі осаду шляхом компостування з додаванням відходу цукрового виробництва (дефекату). Показано, що використання органічного добрива на основі осаду стічної води і дефекату підвищує урожайність рослинницької продукції.

Ключові слова: осади стічних вод, утилізація осадів, нетрадиційні добрива, компостування, важкі метали.

A. Litskievich, M. Gulkovich, O. Chernichko

USING OF SEWAGE SLUDGE DAIRY PLANTS AS NON-TRADITIONAL FERTILIZERS

The possibility of using sewage sludge dairy plants as raw material for non-traditional organic fertilizers is considered. The results of studies of qualitative characteristics of precipitation dairy plants, confirming their high fertilizing value, are presented. The results of the microbiological examination of sewage sludge are given, which showed a discrepancy of raw sludge sanitary regulations that require the mandatory disinfection before using it in agriculture. A method for producing an organic residue on the basis of fertilizer by composting with the addition of sugar production waste (defecate) is offered. It is shown that the use of organic fertilizers based on sludge wastewater and defecate increases the yield of plant products.

Keywords: sewage sludge, utilization of sewage sludge, non-traditional fertilizers, composting, heavy metals.

УДК 504.05

Л. Я. Побережна, к. т. н.ДВНЗ «Івано-Франківський національний медичний університет»
вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018**А. І. Станецький**, к. т. н.Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВНАСЛІДОК ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Протягом останніх років тривають двосторонні бойові дії із залученням різних видів озброєнь у зоні антитерористичної операції (АТО) на території окремих районів Донецької та Луганської областей. Військовий конфлікт на території АТО триває в найбільшому в Європі вугледобувному районі з великою кількістю потенційно небезпечних об'єктів (ПНО). Пошкодження, руйнування та аварійне порушення роботи численних підприємств гірничодобувної, хімічної, енергетичної та металургійної галузей, які виникли внаслідок бойових дій, призводять до аварійних викидів і скидань шкідливих речовин. Незважаючи на зростання ризиків виникнення НС на території проведення АТО, питання екологічної безпеки й безпеки життєдіяльності населення та об'єктів господарювання в умовах НС різного походження, пов'язаних із наслідками воєнно-політичного конфлікту на Сході держави, не стали пріоритетним напрямом державної політики під час розгляду питань забезпечення національної безпеки України.

Ключові слова: екологічна безпека, антитерористична операція, район бойових дій, технологічний тероризм.

Постановка проблеми. Екологічна безпека регіонів є однією з найважливіших проблем суспільства на сьогодні. На державному рівні визнано, що екологічна безпека є однією зі складових національної безпеки. Загальний стан екобезпеки в Україні є складним [1]. Територія Східного Донбасу до початку воєнних дій 2014 року була потужною техносферою, що включала понад 1100 промислових підприємств у Донецькій області та 562 підприємства у Луганській області.

В основному це були підприємства металургійної, гірничої, нафтопереробної й хімічної галузей промисловості, машинобудування та енергетичного комплексу. Значна частина даних об'єктів

Підприємства належать до гірничодобувної, металургійної, хімічної та нафтопереробної галузей промисловості, енергетики, важкого машинобудування та будівельних матеріалів, серед яких і екологічно небезпечні об'єкти загальнодержавного значення. Наприклад, у Донецькій області 78 % промислового виробництва припадає на екологічно небезпечні виробництва металургійної та видобувної галузей, виробництва електроенергії й коксу. Підприємства саме цих галузей найбільш негативно впливають на довкілля. Величезний вплив на стан повітряного басейну справляють вугільні шахти і породні відвали, що горять. Висока концентрація промислового, сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури в поєднанні зі значною щільністю населення створили величезне навантаження на біосферу.

Протягом останніх років тривають двосторонні бойові дії із залученням різних видів озброєнь у зоні антитерористичної операції (АТО) на території окремих районів Донецької та Луганської областей.

Антитерористична операція (АТО) у Східному Донбасі ведеться у старопромисловому регіоні, де територія насичена техногенно небезпечними

об'єктами: шахтами, каналами, продуктопроводами, підприємствами військово-промислового комплексу, термін експлуатації яких часто є вичерпанним і вони являють собою небезпеку, навіть у штатному режимі експлуатації. За останній рік стало зрозумілим, що екологічні наслідки техногенних аварій, спричинених бойовими діями, за масштабом суттєво перевищують збитки, завдані безпосереднім застосуванням зброї [2].

Залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, визначають такі види надзвичайних ситуацій:

- надзвичайні ситуації техногенного характеру;
- надзвичайні ситуації природного характеру;
- надзвичайні ситуації соціального характеру;
- надзвичайні ситуації воєнного характеру.

Одним з елементів гібридної війни є технологічний тероризм. Ф. Хоффман [3] визначає гібридну війну у вигляді будь-яких дій ворога, який миттєво і злагоджено використовує складну комбінацію – дозволена зброю, партизанську війну, тероризм і злочинну поведінку на полі бою, щоб домогтися політичних цілей. Відповідно до норм чинного законодавства технологічний тероризм – це злочини, що вчиняються з терористичною метою із застосуванням ядерної, хімічної, бактеріологічної (біологічної) та інших видів зброї масового ураження або компонентів, інших шкідливих для здоров'я людей речовин, засобів електромагнітної дії, комп'ютерних систем і комунікаційних мереж, включаючи захоплення, виведення з ладу і руйнування потенційно небезпечних об'єктів, які прямо чи опосередковано створили або загрожують виникненням надзвичайної ситуації внаслідок цих дій та становлять небезпеку для персоналу, населення та довкілля;

створюють умови для аварій і катастроф техногенного характеру.

До загроз, які включає в себе гібридна війна, фахівці відносять: традиційні, нестандартні, катастрофічний тероризм і підривні загрози, коли використовуються технології для протидії перевазі у військовій силі. При оцінці ризиків, пов'язаних із загрозами природного, техногенного та соціально-політичного (в т.ч. терористичного) характеру, виявляється, що найбільш складним завданням є оцінка саме терористичних ризиків, що зумовлено самою природою інформації та даних, які використовуються при цьому. В сучасних умовах, що характеризуються тенденцією до наростання загроз тероризму на тлі глобальних кризових процесів у фінансово-економічній сфері, актуальність проблеми оцінки терористичних ризиків для критичної інфраструктури зростає ще більше, адже без оцінки ризиків не можливе їх ефективне зниження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Військовий конфлікт на Сході України на території розвинутих гірничодобувних районів Донбасу значно загострив існуючі екологічні проблеми, пов'язані з аномальним забрудненням атмосферного повітря, земельних, водних і біотичних ресурсів. Внаслідок бойових дій було пошкоджено чи зруйновано численні гірничодобувні, коксохімічні та енергетичні підприємства, що призвело до зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури з масштабними негативними наслідками для населення і довкілля.

Ситуація ускладнюється не тільки з об'єктивних причин, пов'язаних з бойовими діями, а і через недостатню увагу профільних міністерств і відомств до проблем аномального забруднення основних компонентів навколишнього середовища Донбасу. Нехтування цими проблемами вже у найближчому майбутньому може призвести до незворотних змін довкілля і втрати значних територій на Сході України для проживання та ведення господарської діяльності.

Військовий конфлікт на території АТО триває в найбільшому в Європі вугледобувному районі з великою кількістю потенційно небезпечних об'єктів (ПНО). До його початку на території Донецької області було зосереджено п'яту частину промислового потенціалу нашої держави, 78 % якого припадає на екологічно небезпечні виробництва [4]. Підприємства саме цих галузей найбільш негативно впливають на довкілля.

Значну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного походження становить наявність великої кількості затоплених і напівзатоплених шахт на території Луганської та Донецької областей, що мають постійний гідравлічний зв'язок з діючими шахтами. Незадовільний екологічний стан у вугледобувних районах, особливо у Донбасі, посилюється також через високий рівень концентрації підприємств металургійної та хімічної галузей промисловості, що збільшує техногенне навантаження на

навколишнє середовище і створює реальні загрози для здоров'я населення.

В умовах військового конфлікту на Сході України суттєво зростає кількість територій і промислово-міських агломерацій, де негативний стан економічної ситуації в сукупності з руйнуванням будівель у гірничодобувних районах Донбасу, небезпечним забрудненням приземної атмосфери, питної води може призвести до втрати перспектив сталого розвитку, суттєвого зменшення зайнятості населення і зростання соціальної напруженості в суспільстві.

Значну загрозу для населення і довкілля становить ризик зупинення водовідливу і вентиляції шахт в зоні АТО, багато з яких мають гідравлічний зв'язок. Внаслідок некерованого затоплення шахт відбуватиметься підтоплення значних територій міст і селищ, масштабне забруднення поверхневих водозаборів шахтними водами, просідання денної поверхні з руйнуванням ПНО, міграція вибухонебезпечного метану із шахт з його виходом на територію міст і селищ.

За період проведення АТО були зафіксовані численні випадки відключення вугледобувних підприємств від електропостачання. Треба відмітити, що відключення вентиляційних систем часто призводило до позаштатних ситуацій і залпових викидів шахтних газів. Порушення електропостачання насосних станцій у системах водовідведення шахтних вод у ряді випадків призводило до повного затоплення шахт, підтоплення прилеглих територій і значного забруднення підземних вод.

За даними [5] в лютому 2016 р. російські куратори дали розпорядження керівникам шахт у «ДНР» і «ЛНР» припинити відкачку води. Очевидно, що некероване затоплення шахт призведе до масштабних негативних наслідків для населення і довкілля регіону, пов'язаних із забрудненням водних джерел і ґрунту шахтними водами, небезпечними просіданнями земної поверхні з ризиком руйнування будівель і споруд.

Беручи до уваги інформацію Державної фіскальної служби України в Луганській області [4], станом на кінець листопада 2015 р. шахтоуправління «Луганське», що є одним з найбільших підприємств вугільної галузі, повністю затоплено. На підприємстві видобуток вугілля складав 5–6 тис. тонн щодоби. Затоплено 100 кілометрів гірських виробок. Близько 5 тис. гірників, що працювали на цьому підприємстві, залишилися без роботи. Функціонування шахтоуправління на окупованій території з видобутком і продажем вугілля на територію України значно ускладнене через необхідність перереєстрації та оформлення дозвільних документів на вивезення упродовж 2–3 місяців.

Станом на кінець вересня 2015 р. з дев'яти шахт окупованого держпідприємства «Луганськвугілля» повноцінно не працювала жодна. Видобуток вугілля в мінімальних обсягах ведеться лише на двох шахтах з дев'яти. Це «Шахта ім. XIX з'їзду КПРС» і «Никанор-Нова», з якої бойовики намагаються продавати вугілля Україні.

Луганська обласна військово-цивільна адміністрація у грудні 2015 р. попередила, що через зупинку водовідливного комплексу на шахті «Першотравнева» розлив шахтних вод може стати причиною техногенної катастрофи. Так, внаслідок аварії на шахті «Першотравнева» 2 грудня 2015 р. зупинився водовідливний комплекс, що призвело до початку підтоплення шахти. Через те, що ремонтні роботи не було розпочато, шахтні води через певний час будуть перетікати на закриті шахти «Голіковську» та «Батьківщина». За розрахунками гідрогеологів, вже у червні-липні 2016 р. може статися підтоплення Стахановсько-Брянківського регіону, закритих шахт Кіровської групи, а також виробок, що працюють на контрольованій території шахт «Золоте», «Карбоніт» і «Гірська» ДП «Первомайськвугілля».

Внаслідок цього може виникнути надзвичайна ситуація техногенного характеру, оскільки шахтні води забруднюють водоносні горизонти, розмивають родючі шари ґрунту, витісняють на поверхню шахтний газ метан.

Оптимальним вирішенням цієї проблеми міг би стати ремонт водовідливного комплексу шахти «Першотравнева», однак через відсутність доступу до нього, а також коштів на проведення ремонту, закупівлю обладнання та обслуговування об'єкта Луганською ВЦА прийнято рішення розширювати існуючий водовідливний комплекс шахти «Золоте» ДП «Первомайськвугілля». За попередніми розрахунками, для реалізації цього проекту необхідно близько 40 млн грн без урахування монтажних та інших робіт.

Внаслідок бойових дій значно зростає ризик забруднення водних джерел, зниження надійності водопостачання та погіршення доступу населення до питної води. Забруднення води відбувається через виникнення аварійних ситуацій на об'єктах водопостачання і відсутність контролю роботи промислових підприємств на окупованих територіях. Особливу загрозу становлять численні сховища промислових підприємств, руйнування дамб яких загрожує негативними наслідками для населення і довкілля регіону. Гострою залишається проблема забруднення поверхневих і підземних водних об'єктів.

Від бойових дій постраждали не лише поверхневі водні об'єкти, а й інженерні споруди, призначені для подачі населенню питної води. Неодноразово відбувалося руйнування та пошкодження насосних станцій, магістральних і розподільчих мереж каналу Сіверський Донець – Донбас, що забезпечує водою більшу частину Донецької області. Відновлення систем водопостачання і ліній електропередач у районах бойових дій часто проводиться з великими затримками, що призводить до значного зниження якості питної води, що подається споживачам. Зменшення водності р. Сіверський Донець значно збільшує загрозу неякісного водопостачання, а уповільнення швидкості руху води призводить до її замулювання. 16 березня 2016 року Організація Об'єднаних Націй наголосила, що водопостачання

для більш ніж 300 тис. осіб, які проживають у Донецькій області та по всій «лінії розмежування», знаходиться під загрозою через евакуацію співробітників водоочисної станції «Вода Донбасу», що відбулася 13 березня у зв'язку з погіршенням ситуації з безпекою в цьому районі. Станція надавала половину всього обсягу водопровідної води, необхідної для забезпечення м. Донецьк та його околиць. Наразі відомо, що щонайменше 30 тис. осіб, які проживають в Авдіївці, страждають від браку води. Місцеві органи влади доставляють воду до шкіл та дитячих садків на машинах, але це тимчасове рішення.

Надзвичайна ситуація регіонального рівня сталася у Донецькій області у 2015 р., де внаслідок знеструмлення Донецької фільтрувальної станції та пошкодження хлоропроводу припинено водопостачання споживачів м. Авдіївка. Внаслідок цієї надзвичайної ситуації без питного водопостачання залишилися 36,4 тис. осіб, 7 шкіл, 7 дитячих садків, 3 лікарні, 216 багатопверхових житлових будинків, 5200 приватних будинків, на межі зупинки виробництва знаходився Авдіївський коксохімічний завод [6].

За експертними оцінками ОБСЄ та ЮНІСЕФ, близько 1,3 млн дітей і дорослих на територіях Донецької та Луганської областей, охоплених конфліктом стикнулися із серйозною кризою водопостачання у зв'язку з пошкодженими або зруйнованими лініями водогону та гострою нестачею води [7]. Така ситуація з нестачею води може призвести до негативних наслідків при виробництві харчової продукції, а також проблем ненадійного функціонування систем центрального опалення в зимовий період.

Неодноразово зафіксовано випадки подачі неочищеної технічної води через руйнування інженерних мереж. подача води на окупованих територіях відбувається без проведення дезінфекції, оскільки використовувати активний хлор в місцях ведення бойових дій занадто небезпечно. Недостатньо очищена питна вода, що надходить споживачам, може містити патогенні віруси і бактерії, що спричинюють виникнення різного роду кишкових інфекцій.

Постановка завдання та його вирішення. Ризики, пов'язані із пошкодженням комунікацій, підприємств та інших об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, мають особливе значення, адже в умовах відсутності контролю та можливостей ліквідації їхніх негативних наслідків потенційно збільшуються масштаби негативного впливу з кожним днем. Більшість очевидних загроз, викликаних війною, наслідки яких досить легко уявити, пов'язані або з механічним пошкодженням природних ландшафтів, або з тимчасовою втратою державою контролю над порушеннями і технологічними процесами в зоні бойових дій.

Ситуація, що склалася, потребує вжиття заходів з невідкладного виявлення наявних техногенних екологічних проблем, спричинених війною, широкого оприлюднення рівня небезпеки,

локалізації кожної з проблем та розробки детального плану їхньої ліквідації залежно від рівня небезпеки або динаміки прогресування кожної з проблем.

Україна потребує допомоги з боку міжнародного співтовариства, щоб оцінити шкоду та відновити довкілля. Перший крок полягає в інвентаризації шкоди, завданої водночас і інфраструктурі, й довкіллю. Роботи з відновлення довкілля можна розпочинати тільки після повного припинення боїв.

Військові дії на Сході України призвели до руйнування цілісних природних ландшафтів. Забруднення води, ґрунтів, атмосферного повітря, знищення біоресурсів є величезними, і в часі реабілітація цих об'єктів довкілля триватиме доволі значний період. Відсутність можливостей щодо контролю усєї території Донецької та Луганської областей, фактична відсутність контролюючих органів та постійні обстріли не дозволяють об'єктивно оцінити шкоду, нанесену довкіллю за період збройних нападів.

Враховуючи, що до воєнної агресії мало місце значне антропогенне навантаження на довкілля на території східних областей України внаслідок видобування кам'яного вугілля, руди й інших корисних копалин, металургійного виробництва, утворення значної кількості відходів, наявність небезпечних хімічних речовин, що використовуються у промисловості, шкода, яка завдається сьогодні довкіллю, помножується, є величезною та малоймовірно компенсованою в найближчій перспективі.

На сьогодні громадкість не може залишатися осторонь ситуації щодо забруднення води на сході України. Руйнування інфраструктури, пов'язаної з водопостачанням та водовідведенням, хімічне забруднення, відключення електроенергії об'єктів, що скидають стічні води, на сьогодні становлять загрозу не тільки для водних ресурсів, але і для екосистем у цілому.

На початок 2014 року у Луганській області налічувалося 525 об'єктів децентралізованого водопостачання, а у Донецькій – 1101, однак, менше половини цих об'єктів на сьогодні залишаються поза наглядом органів державно-епідеміологічної служби через воєнні дії (рис. 3). Внаслідок військових дій водоканал Луганська перебував на порозі техногенної та санітарної катастрофи. Мародерами, користуючись військовим протистоянням, викрадено кабельні лінії та навіть окремі частини труб. Відтак, на водопровідних і каналізаційних мережах виникає чимало аварійних ситуацій. Мешканці Луганщини здебільшого споживають воду з поверхневих джерел, яка потребує суттєвого знезараження. Маршрути доставки хлору та гіпохлориту пролягають через місця бойових дій, які протягом тривалого часу не функціонували.

Також відсутнім було водопостачання та водовідведення у частині Луганської області, зокрема, на досить тривалий час припинили свою роботу Жовтневі очисні споруди у малій Вергунці,

каналізаційні насосні станції № 10, 11 і 18, насосна станція другого підйому у кварталі Ватутіна, насосна станція четвертого підйому, що постачала водою Кам'янобрідський район.

Під час артилерійського обстрілу Слов'янська на території насосної станції каналу Сіверський Донець–Донбас були пошкоджені очисні споруди. Зупинка насосних агрегатів призвела до обмеження постачання міста як питною, так і технічною водою. Також зазнав обстрілу перший підйом каналу «Сіверський Донець–Донбас». Тоді Донецьк перейшов на погодинну подачу води, оскільки бойові дії у Слов'янському районі ускладнювали роботу з ремонту пошкодженої насосної станції й водопроводів [9].

Внаслідок бойових дій очисні споруди в Єнакієво працювали за тимчасовою схемою електропостачання, оскільки основна лінія електропередачі була пошкоджена. Внаслідок артобстрілів у Слов'янську постраждали фільтрувальна станція та очисні споруди, 19 каналізаційних і 3 водонапірних насосних станцій, майже 20 км каналізаційних та 36 км водопровідних мереж. Було знеструмлено Донецьку фільтрувальну станцію. Державною санітарно-епідеміологічною службою Луганської та Донецької областей у 2013 році здійснювався нагляд за станом води у 4 та 26 створах водойм І категорії відповідно. Отримати дані про контроль питної води від головних управлінь Донецької та Луганської областей за 2014 рік, у зв'язку із ситуацією, що склалася, на сьогодні неможливо.

Наслідки, пов'язані із забрудненням води, можуть стати для суспільства непередбачуваними та вкрай небезпечними. Забезпечити належний контроль якості питної води в зоні воєнних дій на Сході на сьогодні не можливо.

Проведені дослідження показали, що в річці Сіверський Донець має місце перевищення сульфатів в 5 разів та нітритів майже удвічі відносно гранично допустимих концентрацій. У водному каналі поблизу р. Сіверський Донець перевищення рівня сульфатів становить більш, як у чотири рази та зафіксоване незначне перевищення по нітритах. Нітрити являють собою продукти окислення аміаку під впливом мікроорганізмів у процесі нітрифікації. А наявність нітритів у кількостях, що перевищують $0,002 \text{ мг/дм}^3$, свідчить про давніші забруднення – у р. Сіверський Донець концентрація нітритів становить $0,152 \text{ мг/дм}^3$.

Вміст сульфатів у природній воді р. Сіверський Донець швидше за все зумовлений скиданням у водойми неочищених промислових та побутових стічних вод. Наявність у воді сульфатів більше 500 мг/дм^3 (концентрація сульфатів у воді з р. Сіверський Донець становить 502 мг/дм^3) надає їй солонуватого присмаку і призводить до порушення роботи органів травлення у людей.

Забруднення води спричиняють зруйновані очисні споруди, підприємства, місця захоронення відходів та зберігання хімічних речовин. ЕПЛ зібрано факти про об'єкти зруйнованої інфраструктури на початку 2015 року на сході

України внаслідок АТО, що пов'язані з водопостачанням та водовідведенням.

Протягом січня 2015 року через потрапляння снарядів зупинено коксохімічний завод в Авдіївці. Під артобстріл потрапила територія Петровської служби комунального підприємства «Донецьк-міськводоканал», машинний зал каналізаційної насосної станції № 1 в Петровському районі. Пошкоджено Верхньо - Кальміуське водосховище, водонапірну вежу м. Попасна, припинила роботу Миронівська ТЕС. На Горлівській ділянці каналу Сіверський Донець–Донбас пошкоджено напірний трубопровід, знеструмлено насосну станцію першого підйому Південно-Донбаського водопроводу, пошкоджено трансформатори на насосній станції Верхньокальміуської фільтрувальної станції.

У Донецьку деякі системи регулювання тиску виведені з ладу шляхом прямого попадання снарядів. За висновками Луганської СЕС воду в річці Лугань не можна використовувати навіть для технічних цілей, оскільки вона не відповідає нормам САНПіН 4630–80. Така значна руйнація об'єктів водопостачання та водовідведення не дозволяє використовувати питну воду з централізованого водопостачання.

Бойові дії, що розгорнулися на сході України, мають катастрофічні наслідки і для місцевого населення, і для довкілля. Одним із найбільш негативних та руйнівних впливів є розриви снарядів, що відбуваються на території зони АТО із вражаючою частотою. Вони після себе залишають не тільки мертві тіла, а й понівечену, перериту землю, отруєну безліччю хімічних речовин та засмічену уламками металу. Тисячі розірваних снарядів та гранат, тонни забруднюючих речовин, що потрапили в атмосферне повітря, стали причиною наших досліджень важких металів та фосфору у ґрунтах на місці розривів снарядів у Донецьку та суміжних населених пунктах. На місці розриву снаряду утворюється воронка або вирва – це виїмка у ґрунті чи твердій гірській породі, утворена дією вибуху заряду вибухової речовини. У місцях постійного

використання снарядів густота воронок є такою, яку можна чітко роздивитись на знімках з космосу; більше того, такі знімки дозволяють досліджувати та аналізувати такого роду інформацію.

Одним із таких, усіяних воронками місць є частина Амвросіївського та Шахтарського районів Донецької області. Амвросіївський район розташований у південній частині Донецького кряжу, за 82 км від Донецька, на півночі межує з Шахтарським районом, на південному сході – з Ростовською областю Російської Федерації, на 73 км простягається прикордонна смуга. Шахтарський район розташований за 170 км від Маріупольського морського порту.

На території цих двох районів розташований регіональний ландшафтний парк «Донецький кряж», що має велику природну та рекреаційну цінність. Територія парку представлена байрачними масивами в балках та штучними насадженнями лісових культур, а також елементами різнотравного типчаковоковилового степу. Флора та фауна парку включає ендемічні види й такі, що занесені до Червоної книги України. Територія є своєрідною через комплекс «Савур-Могила» – курган, на території якого влітку 2014 року велися активні бої. Внаслідок цього ліси, розташовані в регіональному ландшафтному парку, були майже повністю знищені вогнем, а ґрунтовий покрив був зруйнований численними воронками, що утворилися від розривів снарядів.

За допомогою супутникових знімків досліджено вказану територію, а саме ідентифіковано розмір та кількість воронок, тип снаряду, розрив якого призвів до утворення воронки, а також оцінено масштаби руйнувань ґрунтового покриву і підраховано збитки, завдані державі.

За допомогою супутникових знімків вдалося ідентифікувати чотири типи воронок залежно від діаметра, які були утворені від розривів снарядів чотирьох різних калібрів, а також підрахувати їх кількість. Типізація воронок наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Типізація воронок

Діаметр воронки, м	Калібр снаряду, мм	Використана зброя	Кількість воронок даного типу
1	82	Міномети з 82-мм осколковими та осколково-фугасними мінами	4342
2,5–3,5	120	Установки «Град», польові та самохідні гаубиці	2775
4-6	152	Міномети із 152-мм снарядами, буксовані гармати та гаубиці, самохідні гаубиці	8347
7	220	Реактивна система залпового вогню «Ураган»	41



Рисунок 1 – Територія площею 225 км² із нанесеними воронками

Вдалося порахувати, що на території площею 225 км² розриви снарядів призвели до утворення 15505 воронок. У місцях великої щільності воронок змішані ґрунт, підстилаюча порода, а також безліч уламків чавуну [10]. Окрім цього, в докiлля потрапляють тонни токсичних речовин, що утворюються під час детонації та отруюють ґрунт і атмосферу. Наразі відомо, що не менше, ніж 392 т металевих уламків снарядів розсіяні на цій території, що робить її непридатною для сільськогосподарського використання. Більше того, в докiлля потрапили продукти окиснення від

мінімум 58 т вибухових речовин, а також 70 т оксиду алюмінію, що утворилися в результаті окиснення порошкоподібного алюмінію, який використовується разом із тротилом як вибухова речовина, що носить назву амотол.

Воронки такої густоти практично повністю знищують ґрунтовий покрив та роблять його непридатним для використання. Всі сучасні фугасні й осколково-фугасні снаряди викидають у середньому на 1 кг вибухової речовини 1,2–1,5 м³ ґрунту. Розрахунки вивернутого ґрунту від розривів снарядів наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Об'єм вивернутого ґрунту від розривів снарядів

Калібр снаряду	Маса вибухової речовини всіх використаних снарядів даного калібру, кг	Об'єм вивернутого ґрунту, м ³
82	1736,8	від 2084,16 до 2605,2
120	13875	від 16650 до 20812,5
152	58429	від 70114,8 до 87643,5
220	2132	від 2558,4 до 3298
Всього:	76172,8	від 91407,36 до 114259,2

Згідно вищезазначених даних, внаслідок розриву 15505 снарядів було вивернуто як мінімум 91407,36 м³ ґрунту. Один КамАЗ-самоскид вміщує 8–9 м³ ґрунту, тобто біля Савур-Могили було вивернуто стільки ґрунту, скільки можуть вміщувати мінімум 11425–10156 вантажних машин. Якщо в перспективі здійснювати рекультивацию цієї території, то елементарно це вимагатиме хоча б розрівнювання ландшафту, тобто закопування назад такої кількості ґрунту, вже не говорячи про очищення від хімічних

речовин та уламків металеві оболонки снарядів. Слід також зазначити, що для вибухових снарядів є нормою випадки, коли детонація не відбувається у 3 % снарядів, тобто вони залишаються нерозірваними. Тобто якщо 15505 воронок – це лише 97 %, то у ґрунті на різній глибині залишаються ще приблизно 480 снарядів, що очікують свого часу. Це означає, що рекультивация буде не тільки довготривалим процесом, а і надзвичайно небезпечним [10].

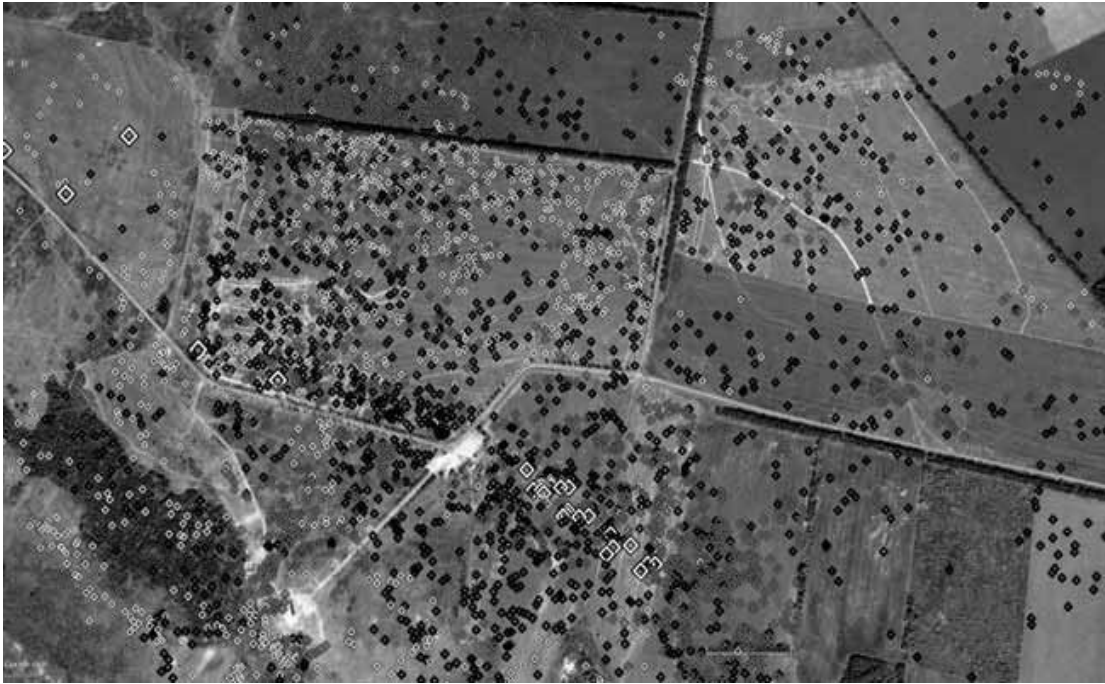


Рисунок 2 – Частина воронок у збільшеному форматі

Масштаби руйнувань на цій невеликій території вражають. Десятки тонн хімічних речовин та металевих уламків зробили непридатними 225 км² території земель сільськогосподарського призначення, а частина воронок взагалі знищила природну цінність РЛП «Донецький кряж». Для природного відновлення земельних ресурсів від забруднення необхідно сотні років, а проведення рекультивації забруднених та порушених земель можливе лише в мирних умовах.

Висновки.

1. Значну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження становить наявність великої кількості затоплених і напівзатоплених шахт на території Луганської та Донецької областей, що мають постійний гідравлічний зв'язок із діючими шахтами. Незадовільний екологічний стан у вугледобувних районах Донбасу посилюється через концентрацію підприємств металургійної та хімічної галузей промисловості, що збільшує техногенне навантаження на навколишнє середовище і формує реальні загрози для здоров'я населення.

2. Військові дії в зоні АТО значно збільшують ризик виникнення НС через зупинку водовідливу і вентиляції вугільних шахт, багато з яких мають гідравлічний зв'язок. Внаслідок некерованого затоплення шахт відбувається підтоплення значних територій міст і селищ Донбасу, масштабне забруднення поверхневих водозаборів шахтними водами, просідання денної поверхні з руйнуванням потенційно небезпечних об'єктів, міграція вибухонебезпечного метану з шахт з його виходом на територію міст і селищ.

3. Цілеспрямоване ураження водогонів, а також завдання побічної шкоди внаслідок бойових дій

негативно позначилося на функціонуванні систем водопостачання населення, що проживає на території конфлікту на сході України. Відсутність доступу до води та її погана якість становлять реальну загрозу для здоров'я населення, санітарно-епідеміологічних умов і може призвести до перешкод виробництва та погіршення якості харчових продуктів. Також це може бути додатковим чинником подальшого напруження та поглиблення конфлікту у регіоні.

4. На території військового конфлікту істотно збільшився ризик поширення інфекційних хвороб, що передаються через воду, оскільки населення не має можливості безпечно зберігати або транспортувати достатню кількість води. Також існує загроза погіршення якості водопровідної води через неможливість підтримання регулярного постачання хлору та інших реагентів, необхідних на водоочисних установках, що створює підвищений ризик вторинного зараження.

5. Пошкодження, руйнування та аварійне порушення роботи численних підприємств гірничодобувної, хімічної, енергетичної, металургійної галузей, які виникли внаслідок бойових дій призводять до аварійних викидів і скидань шкідливих речовин.

6. Незважаючи на зростання ризиків виникнення НС на території проведення АТО, питання екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності населення та об'єктів господарювання в умовах НС різного походження, пов'язаних із наслідками воєнно-політичного конфлікту на Сході держави, не стали пріоритетним напрямом державної політики під час розгляду питань забезпечення національної безпеки України.

Література

1. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А. Б. Качинський. – К. : НІСД, 2001. – 312 с.
2. Державний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://dnop.gov.ua/index.php/uk/operativna-informatsiya/neshchasni-vipadki/658uncategorised/5858-4242>.
3. Hoffman F. G. Hybrid vs compound war [Electronic resource]. – Mode of access : <http://armedforcesjournal.com/hybrid-vs-compound-war/>.
4. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення : монографія / С. О. Довгий [та ін.]. – К. : Наук. Думка : Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору НАНУ, 2007. – 328 с.
5. Российские кураторы приказали затопить шахты в «ДНР» и «ЛНР» [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://informer.lg.ua/archives/143135>.
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://mns.gov.ua/content/annual_report_2014.html.
7. Access to water in conflict - affected areas of Donetsk and Luhansk regions [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.osce.org/ukraine>.
8. EU steps up humanitarian assistance for Ukraine by €20 million (17/03/2016). [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/press_corner/all_news/news/2016/2016_03_17_en.htm.
9. Під час артилерійського обстрілу Слов'янська на території насосної станції каналу Сіверський Донець-Донбас пошкоджені очисні споруди [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ukrinform.ua/ukr/news/na_vidbudovu_slovnyanska_potribno_pivtora_milyarda_griven_1957349.
10. Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству / [А. Войціховська, С. Шутяк, О. Мельник-Забрамна, О. Василюк, К. Норенко, О. Кравченко]. За заг. редакцією О. Кравченко. – Львів, 2015 р. – 138 с.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2017

Л. Я. Побережная, А. И. Станецкий

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВЕДЕНИЯ АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

В течение последних лет ведутся двусторонние боевые действия с привлечением различных видов оружия в зоне антитеррористической операции (АТО) на территории отдельных районов Донецкой и Луганской областей. Военный конфликт на территории АТО происходит в крупнейшем в Европе угледобывающем районе с большим количеством потенциально опасных объектов (ПОО). Повреждения, разрушения и аварийные нарушения работы многочисленных предприятий горнодобывающей, химической, энергетической и металлургической отраслей, возникшие вследствие в результате боевых действий, приводят к аварийным выбросам и сбросам вредных веществ. Несмотря на рост рисков возникновения ЧС на территории проведения АТО, вопросы экологической безопасности и безопасности жизнедеятельности населения и объектов хозяйствования в условиях ЧС различного происхождения, связанных с последствиями военно-политического конфликта на Востоке государства, не стали приоритетным направлением государственной политики при рассмотрении вопросов обеспечения национальной безопасности Украины.

Ключевые слова: экологическая безопасность, антитеррористическая операция, район боевых действий, технологический терроризм.

L. Poberezhna, A. Stanetsky

ASSESSMENT OF POTENTIAL ENVIRONMENTAL RISKS FROM THE ANTITERRORIST OPERATION

In recent years the bilateral hostilities around the anti-terrorist operation (ATO) in some regions of Donetsk and Luhansk region are held. There is an involvement of different weapons. The military conflict is at the territory of the largest mining area in Europe with many potentially dangerous objects (PDO). Damage, destruction, and emergency disruption of many mining, chemical, power, metallurgical industries in the fighting lead to the accidental emissions and discharges of hazardous substances. Despite the increased risks of emergencies at the territory of ATO, the issue of environmental safety and human safety and facilities management in terms of different backgrounds of PDO-related consequences of the military-political conflict in the east of the state, were not a priority of the state policy while considering the national security of Ukraine.

Keywords: ecological security, antiterrorist operation, area of hostilities, technological terrorism.

UDC 621.43.068.4:504.064.4

S. Vambol, DSc, Professor, Head of the Department
 O. Kondratenko, PhD, Associate Professor of the Department
 National University of Civil Defense of Ukraine
 Chernyshevska Str., 94, Kharkiv, Ukraine, 61023

CALCULATED SUBSTANTIATION OF CHOICE OF UNITS OF MONETARY EQUIVALENTS OF COMPLEX FUEL AND ECOLOGICAL CRITERIA COMPONENTS

This article describes results of calculated choice substantiation of monetary equivalents units complex fuel and ecological criteria components on example of autotractor diesel engine 2Ch10.5/12. The study found that difference in the values of monetary equivalents of these criteria components, expressed in the selected currency – USD and UAH, can reach one order for the present value of their ratio and close to two orders when compared their values for 2003 and 2016 years, due to different economic and political factors. But the study also shows, that USD as a world reserve currency due to inflation can not be an absolute monetary equivalent of such ecological criteria components. It was propose to use mathematical apparatus of Consumer Price Index for taking into account inflation phenomenon. Scientific novelty of the research results is that for the first time carried out calculated substantiation of choice of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria components monetary equivalents. Practical value of the research results is that with modified mathematical apparatus can be carried out assessment of ecological safety level of exploitation process of emergency and rescue equipment, which powered with piston ICE of different years of release.

Keywords: technogenic and ecological safety, complex criterial assessment, fuel and ecological efficiency, monetary equivalents, emergency and rescue equipment, diesel engine.

Problem statement. Relevance of the study. Exploitation process of any power plants (PP) units, which are in commercial or personal use and equipped with diesel piston internal combustion engines (PICE), as it can be seen in article [1], may be characterized by certain ecological safety (ES) level [2–4] with the prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria K_{FE} , described in [5] and taking into account legislative established on Ukraine territory requirements, contained in [6]. ES factors for such objects is pollutants mass hourly emissions with its engines exhaust gas (EG) flow, which produces in large quantities during normal (with no accident) exploitation process. Values of that criteria may be used for calculated assessment of functioning effectiveness of ecological safety management system (ESMS) and described in [2] in accordance with evaluation conception which was developed in study [3]. Also values of that criteria may be used for calculated assessment of activities for increasing of PP with PICE ES level [1].

Analysis of the recent researches and publications. But monetary equivalents of K_{FE} criteria components in monograph [6] are expressed in UAH, that associated with some problems described in article [7], where was some hypotheses have been put forward. In present paper that hypotheses will be find its confirmation by the results of calculated study. It will be carried out for example of autotractor diesel engine 2Ch10.5/12, description and technical characteristics of which are given in [6]. Initial data for calculated assessment were obtained in studies [8, 9].

Purpose of the study is calculated choice substantiation of monetary equivalents units of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria components.

Object of the study is mathematical apparatus of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria.

Subject of the study is monetary equivalents units of components of object of the study.

Tasks of the study is:

1. Analysis of methodic and mathematical apparatus of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria taking into account the essence of put in study [2] forward hypotheses.

2. Modification of mathematical apparatus of K_{FE} criteria in order to be able assess its value for the individual representative modes of the diesel operation in its exploitation model as well, as in study [1], based on the initial data obtained in studies [6, 7].

3. Calculated choice substantiation of monetary equivalents units of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria components on example of autotractor diesel engine 2Ch10.5/12 for regimes of 13-mode standardized steady testing cycle.

4. Analysis of results of the study.

Methods of the study is analysis of specialized science and technical literature, processing of motor bench experimental testing data, calculating of middle exploitation values of technical, economical and ecological diesel engine operational indicators, mathematical apparatus of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria, instruments for analysis of the dynamics of exchange rates, the mathematical apparatus of Consumer Price Index.

Statement of the problem and its solution. Mathematical apparatus of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria K_{FE} , which described in [5] and modified in [1] for separately taken individual representative i -th operational regime of exploitation model can be and described by following formulas.

$$K_{FEi} = \eta_{ei} \cdot (1 - \beta_i) = \eta_{ei} \cdot \left(1 - Z_{ei} / (Z_{fi} + Z_{ei})\right), \quad (1)$$

$$Z_{fi} = g_{ei} \cdot P_f, \quad (2)$$

$$Z_{ei} = G_{fi} \cdot U_{Ei} = G_{fi} \cdot \delta \cdot P_f \cdot f \cdot g_{pri}, \quad (3)$$

where η_e – effective efficiency coefficient of diesel engine; g_{pr} – specific effective mass hourly pollutant emis-

sion by diesel engine, $\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$; G_f – mass hourly fuel consumption by diesel engine, kg/h ; β – coefficient of relative exploitation ecological monetary costs; Z_e , Z_f and Z_{fe} – ecological damage compensation monetary costs, motor fuel monetary costs and total fuel and ecological monetary costs, $\$/(\text{kW}\cdot\text{h})$; g_e – specific effective mass hourly fuel consumption by diesel engine, $\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$; U_{Ei} – ecological damage compensation monetary valuation, $\$/\text{kg}$; δ – dimensionless index of relative dangerous of pollution for various territories; f – dimensionless coefficient, which taking into account the character of EG dispersion in atmosphere; σ – dimension coefficient for converting scoring assessment of damage in the monetary ($\sigma = P_f$ [5]); P_f – price of motor fuel mass unit (results of choice of monetary equivalents units of K_{FE} criteria components given in [2], $P_f = 0,871$ $\$/\text{kg}$ at $P_f = 20,0$ UAH/l, $\rho_f = 0,85$ kg/m^3 and currency exchanging course at December 2016 27,0 UAH/\$).

Features of engine test bench and methodic of experimental researches with it, which are used for determination of 2Ch10.5/12 diesel engine and its DPF operational characteristics, described in articles [1, 7, 8]. Operational characteristics of autotractor diesel engine 2Ch10.5/12 described in [7]. Parameters of 13-mode standardized steady testing cycle as an autotractor diesel engine exploitation model described in UNECE Regulations № 49 [5]. Legislative established on Ukraine territory requirements to PP with PICE ES level indicators in historical dynamic shown in article [1].

Results of calculated assessment of K_{FE} criteria values, which based on experimental data obtained in articles [8, 9], for autotractor diesel engine 2Ch10.5/12, that operates on 13-mode standardized steady testing cycle, as well for its individual regimes as for whole cycle, shown in article [1].

Verbal justification and logical substation of measurement units choice for K_{FE} criteria as an as the nearest of the known analogues of ESMS of PP with PICE exploitation process functioning efficiency criteria Ω_{ESMS} – US Dollars (\$, USD) as a freely convertible global reserve currency units, whose history completely covers the history of PICE – in form of hypothesis proposed and presented in [4].

This decision is due to the following circumstances.

Firstly, by definition, money is the commodity of maximum liquidity and the universal equivalent of the value of goods and services [10].

Secondly, the presence of the successful experience of applying well-known approach to assessment of technical, economic and ecological indicators of PICE developed by prof. I.V. Parsadanov as part of the methodology of calculation of the fuel and ecological criteria K_{FE} [6].

Thirdly, not all of monetary expenses components is possible to bring to form the dimensionless quantity β and, moreover, give them a physical meaning of average operational efficiency specific mass hour fuel consumption g_{eme} , as in the case K_{FE} [6].

In monograph [6] monetary expenses, which included in K_{FE} criteria structure, expressed in Ukrainian Hryvnia (₴, UAH). But in this case there is the problem of assessing the effectiveness of measures to ensure the

ES level of PP with PICE which are in operation for a long time. So, for the case of raising the ES level of diesel 2Ch10.5/12 by equipping it exhaust system with DPF, developed in Piston Power Plants Dept. of A. M. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of NAS of Ukraine with the participation of staff members of the Applied Mechanics Dept. of Technogenic and Ecological Safety Faculty of National University of Civil Defense of Ukraine [6, 8 – 10], a direct comparison of K_{FE} criterion values for the basic (diesel without DPF) and modernized (diesel with DPF) version to perform in the UAH difficult. This is due to the following circumstances.

Firstly, diesel 2Ch10.5/12 (D21A1), which was used as a generator of aerosol of PM in the EG in these studies, released in the middle of the 80-years of the XX century, modern its modification produced by the Vladimir Tractor Plant (Russian Federation) and has significant constructive differences (e.g., electronic fuel supply control system). In this case to accurately estimate total operating time and the residual motoresource, prehistory and features of its exploitation, maintenance and repair measures and also, accordingly, its current technical condition and correlate it with any value indicator is extremely difficult.

Secondly, at the time of its release, such monetary unit as the UAH did not exist, and the unit in which to express it cost parameters – USSR Ruble – do not exist at present; monetary unit in which its cost was estimated at the time, when motor test bench was equipped with this diesel engine – Ukrainian Coupon-Karbovanets – also no longer exists; and the current modification of this diesel engine is estimated in Russian Rubles (RUB).

Thirdly, for some reason the UAH exchange rate against major freely convertible (so-called hard) currencies is very unstable. So, at the time of introduction into circulation UAH (1996), its rate against the USD amounts to less than 2 ₴/\$, at the beginning of development of DPF concept (2008) – about 5 ₴/\$, at the time of obtaining experimental data for the study [6] (2013) – about 8 ₴/\$, at the time of mathematical models [8–10] creation (2014) – about 12 ₴/\$, at the moment (October 2016) – about 26.5 ₴/\$. To predict behavior of this macroeconomic indicator with reasonable accuracy for at least six months in advance is impossible, not to mention the longer term.

It confirmed the above by the history of official National Bank of Ukraine average monthly currency exchange rate UAH against USD in the period from 1998 to 2016, shown on figure 1. The same holds true for rate UAH against EUR and UAH against RUB in the same period, presented on figure 2 and 3 [11].

This is most clearly be demonstrated by the example of official National Bank of Ukraine average annual currency exchange rate UAH against USD, against EUR and against RUB in the period from 1998 to 2016, shown on figure 4 [11].

In connection with the above considerations, it seems rational to express the monetary expenses values Z_e , Z_f and Z_{fe} in the formula (1)–(3), that forming K_{FE} criteria value, in one of the widely used in Ukraine freely convertible world reserve currencies – Euro (€, EUR) or USD. However, only USD has a history, that complete-

ly covering the PICE history from birth of the idea (1807 de Rivas engine, 1860 Lenoir engine, 1863 two-stroke Otto engine, 1876 four-stroke Otto engine, 1880 Kostovich engine, 1897 Diesel engine) and to the present day. EUR as the currency was introduced in cashless transactions in 1999 alone, and in the cash trade

turnover – in 2001. In 1785 USD approved as an USA national currency, in 1794 USD begun to mint in USA, accepted for payment any banknotes and coins issued since 1861, but since 1971 it canceled USD backed by gold reserve.

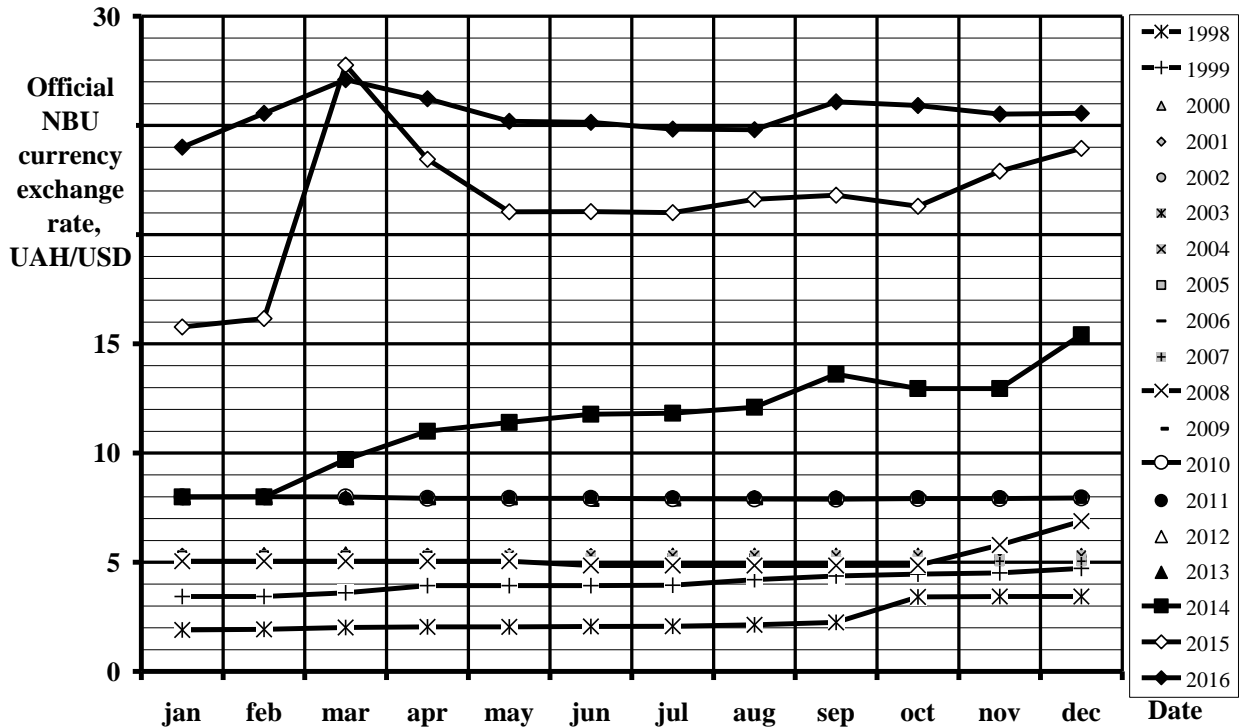


Figure 1 – Official National Bank of Ukraine average monthly currency exchange rate UAH against USD in the period from 1998 to 2016

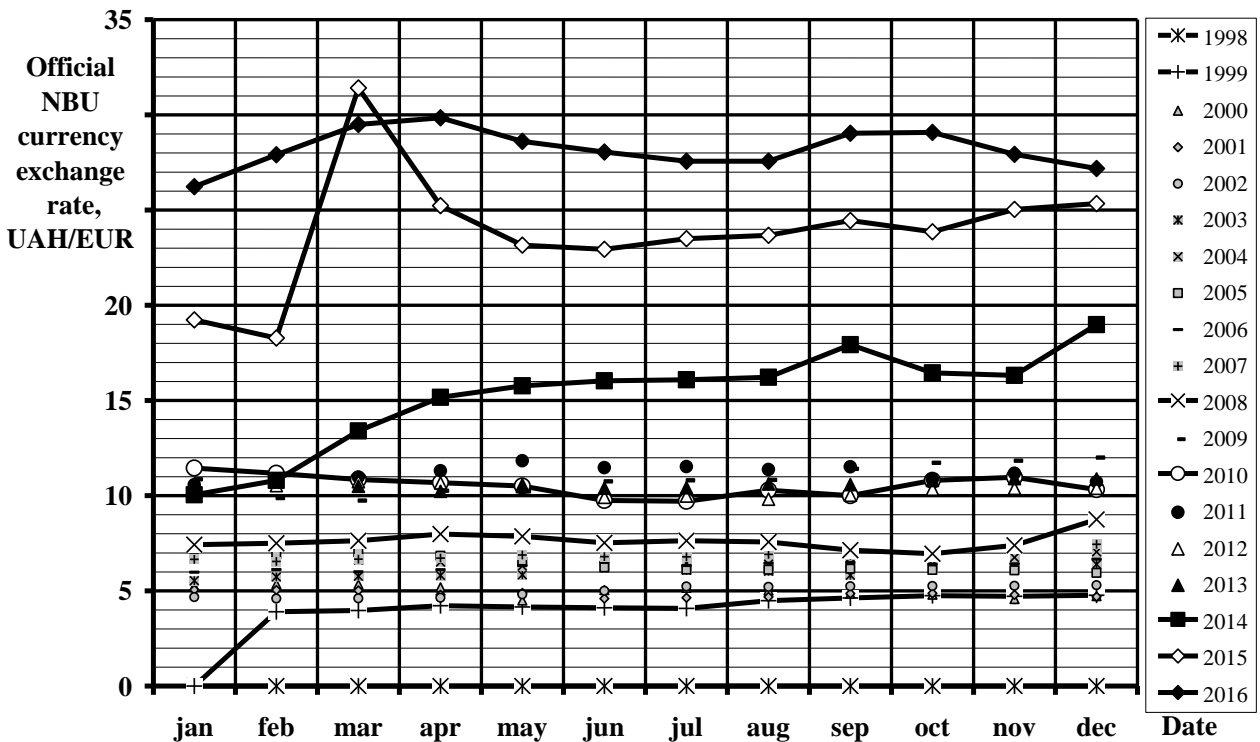


Figure 2 – Official National Bank of Ukraine average monthly currency exchange rate UAH against EUR in the period from 1998 to 2016

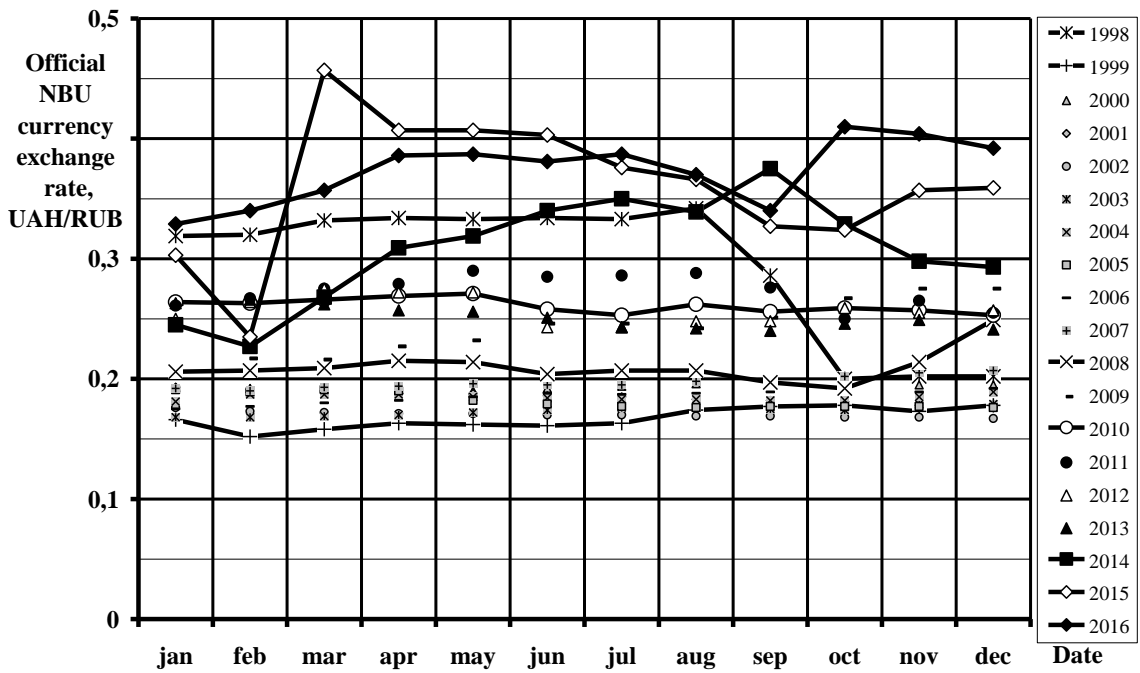


Figure 3 – Official National Bank of Ukraine average monthly currency exchange rate UAH against RUB in the period from 1998 to 2016

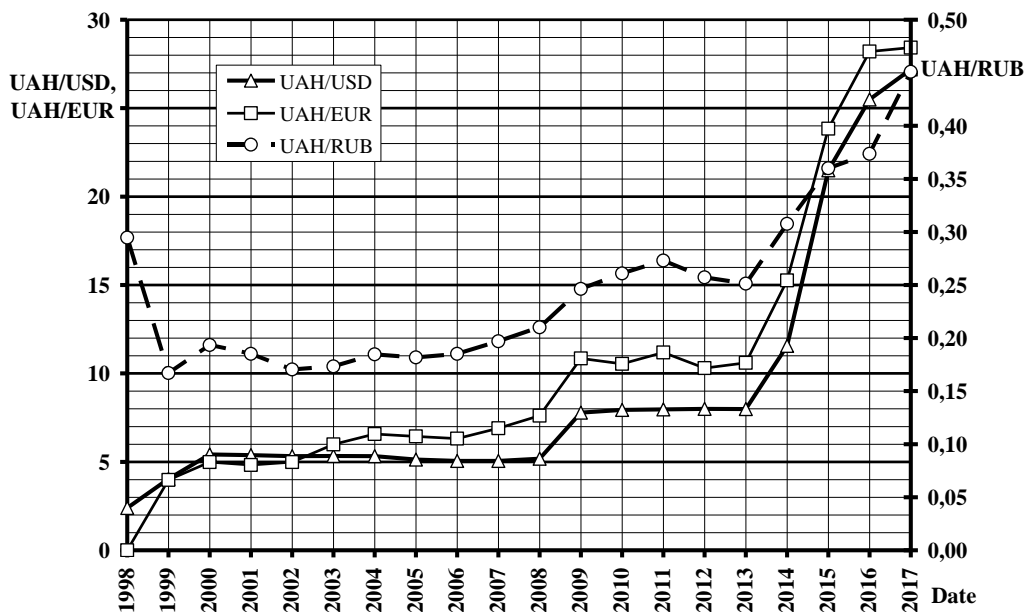


Figure 4 – Official National Bank of Ukraine average annual currency exchange rate UAH against USD, against EUR and against RUB in the period from 1998 to 2016

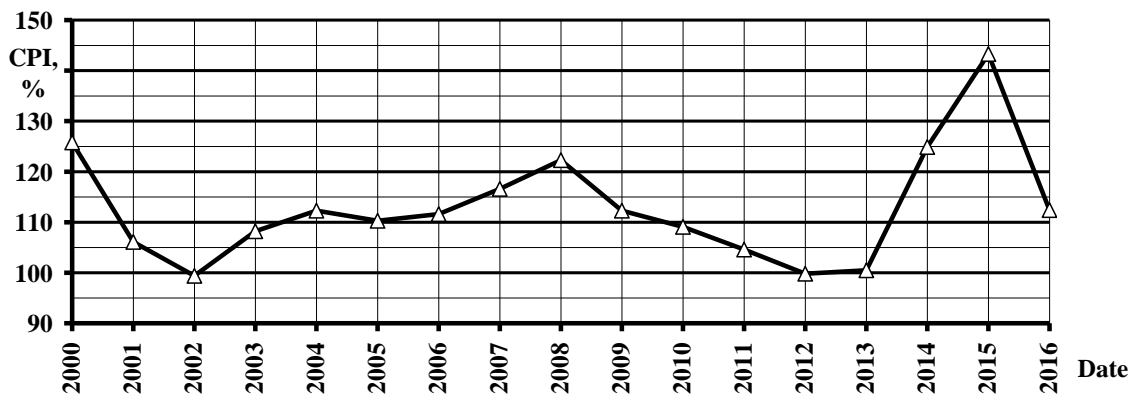


Figure 5 – CPI annual values for Ukraine in 2000 – 2016

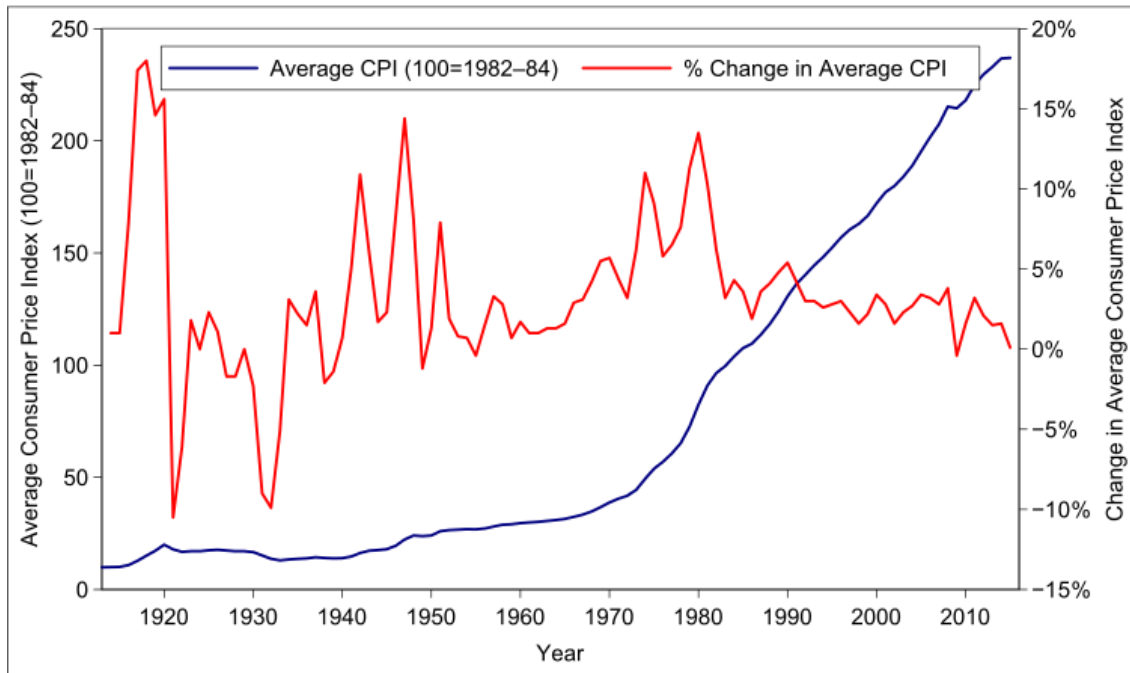


Figure 6 – CPI annual values for USA in 1913 – 2015 [13]

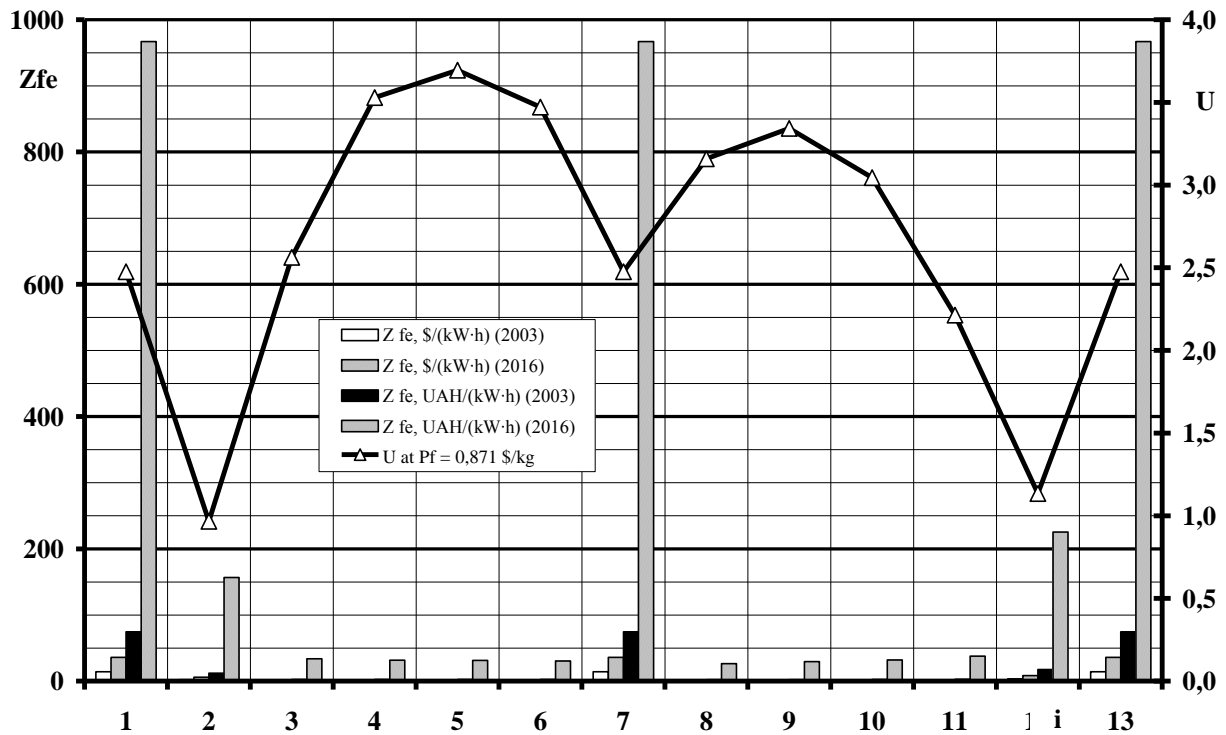


Figure 7 – Distribution of values of fuel and ecological monetary costs Z_{fe} and ecological damage compensation monetary valuation U as a K_{FE} criteria components by regimes of 13-mode standardized steady testing cycle for different values and units of fuel price P_f

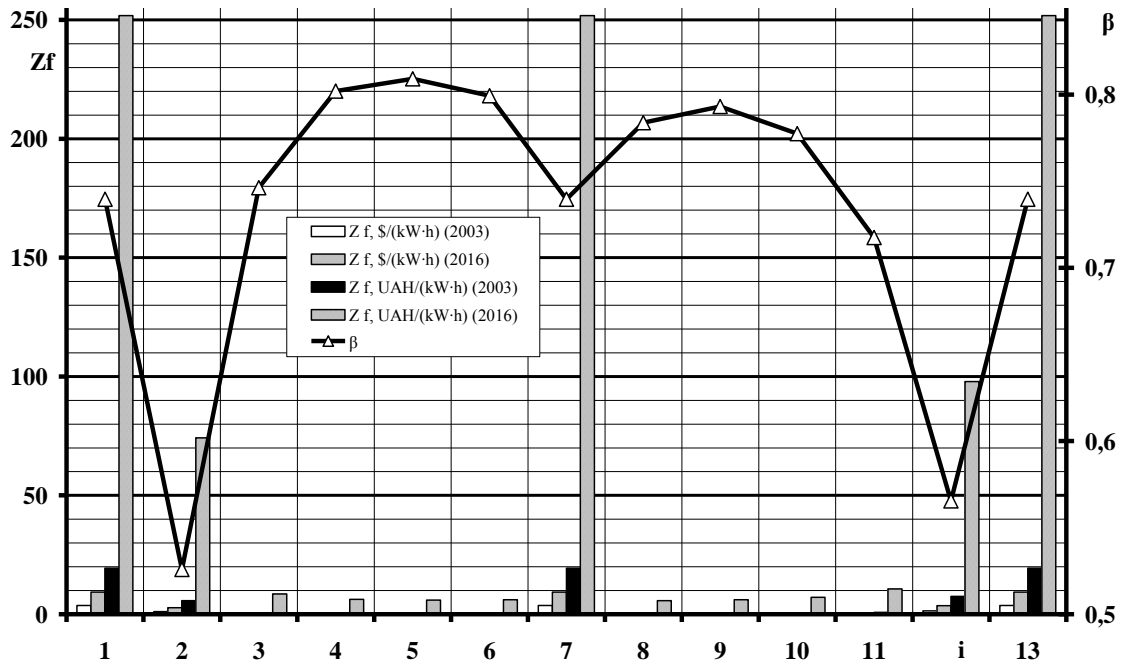


Figure 8 – Distribution of values of fuel monetary costs Z_f and coefficient of relative exploitation ecological monetary costs β as a K_{FE} criteria components by regimes of 13-mode standardized steady testing cycle for different values and units of fuel price P_f

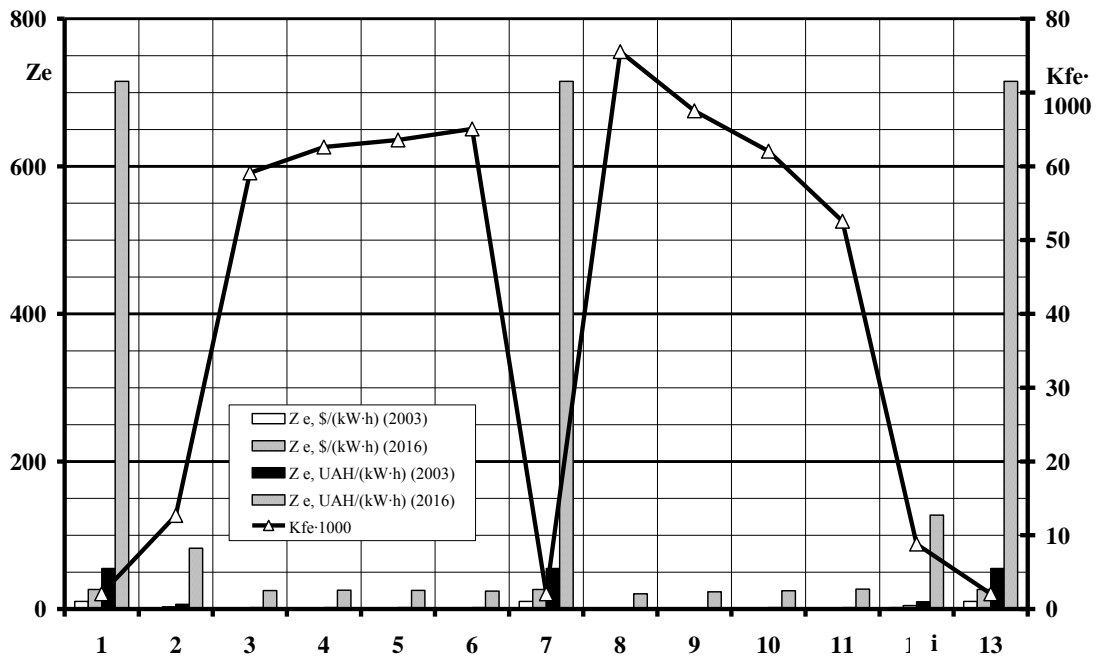


Figure 9 – Distribution of values of ecological monetary costs Z_e and K_{FE} criteria by regimes of 13-mode standardized steady testing cycle for different values and units of fuel price P_f

In this case should take into account that purchasing capacity of the USD throughout its existence since the creation of the first PICE to the present day was not constant due to manifestations of inflation phenomenon, which can be accounted by applying the Consumer Price Index CPI [10]. CPI described by following formula.

$$CPI = \frac{\sum(Q_i^t \cdot P_i^t)}{\sum(Q_i^0 \cdot P_i^0)} \cdot 100\%, \quad (4)$$

where index i marked types of products, index 0 marked base year (for USD it is 1982 – 1984); index t marked current year; Q – amount of products issue; P – price of products.

Then Z_e , Z_f and Z_{fe} values with taking into account inflation phenomenon – non-inflationary monetary costs z_e , z_f and z_{fe} – described by following formula

$$z_j = Z_j(t) \cdot CPI_{\$}(t) / 100, \quad (5)$$

where index j marked types of monetary costs ($j = e, f$ of fe); t – date; Z_j – monetary costs as a part of K_{FE} criteria, \$.

Annual values of CPI for Ukraine, based on data from [12], shown on figure 5. Annual values of CPI for USA shown on figure 6 [13].

In present study carrying out calculating assessment values of K_{FE} criteria components for autotractor diesel engine D21A1 for 13-mode stationary standardized test cycle.

Calculation investigated following cases of expression of weight unit cost of diesel fuel P_f .

– 1.81 UAH/kg (value at the moment of monograph [5] publication – 2003);

– 0.34 \$/kg (value at the moment of monograph [5] publication – 2003);

– 23.53 UAH/kg (current value);

– 0.871 \$/kg (current value).

The results of this assessment calculation shown in Fig. 5–7.

From the figure 5 follows, that the difference in the monetary of value equivalent of these variables, expressed in the currency selected above (USD and UAH), can reach one order for the present value of their ratio and close to two orders when compared their values for 2003 and 2016 years. This is due to the instability of their course relative one to another, caused by external and internal economic and political factors, as well as the phenomenon of inflation, and can not be unaccounted.

In addition, in figures 7–9 shows that the correlation

between variables Z_f, Z_e, Z_{fe} and is not constant over different modes of the test cycle.

As it can seen on figures 5 and 6, USD as a world reserve currency due to manifestations of inflation phenomenon can not be an absolute monetary equivalent of K_{FE} criteria components. Than in further studies it necessary to pay attention to changes in the cost of banking gold and oil.

Conclusions. Thus, in present study for the first time carried out calculated substantiation of choice of prof. I.V. Parsadanov complex fuel and ecological criteria components monetary equivalents and in what is *scientific novelty* of results of the study.

The study found that difference in the values of monetary equivalent of these variables, expressed in the selected currency – USD and UAH, can reach one order for the present value of their ratio and close to two orders when compared their values for 2003 and 2016 years, due to different economic and political factors. But the study also shows, that USD as a world reserve currency due to inflation can not be an absolute monetary equivalent of prof. Parsadanov complex fuel and ecological criteria components. It was propose to use mathematical apparatus of Consumer Price Index for taking into account inflation phenomenon.

With modified mathematical apparatus can be carried out assessment of ecological safety level of exploitation process of emergency and rescue equipment, which powered with piston ICE of different years of release, and in what is *practical value* of results of the study.

References

1. Kondratenko O. M. (2016), “Results of complex criterial fuel and ecological assessment of diesel engine 2Ch10.5/12 for emergency and rescue power plants”, Scientific and technical journal “Technogenic and ecological safety”, Kharkiv, Publ. NUCZU, issue 1, pp. 32–37.
2. Vambol S. O., Stokov O. P., Vambol V. V., Kondratenko O. M. (2015), “Modern methods for improving the ecological safety of power plants exploitation: monograph” [Suchasni sposoby pidvyshchenn’a ekologichnoi’ bezpeky ekspluatatsii energetychnykh ustanovok: Monografija], Kharkiv, Publ. Styl-Izdat, 212 p. [in Ukrainian].
3. Kondratenko O. M. (2016), “Effectiveness evaluation concept of ecological safety management of power plants with piston ice exploitation process” [Konceptyja ocenki efektyvnosti upravlenija ekologicheskoy bezopasnost’ju processa ekspluatatsii energetycheskikh ustanovok s porshnevym DVS], Kharkiv, Scientific journal «Internal Combustion Engines», Publ. NTU “KhPI”, № 2, pp. 68–72. [in Russian].
4. Vambol S. O., Kondratenko O. M., Vambol V. V., Mitielov O. V. (2016), “Methodological basics of criterial integrated assessment of ecological safety management system functioning efficiency of power plants with piston ICE exploitation process”, Kremenchuk, Herald of Ostrogradsry KrNU, Publ. KrNU, № 6, Part 1, pp. 104–110.
5. Regulation № 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. – United Nations Economic and Social Council Economics Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/ TRANS/505. – 4 May 2011. – 194 p.
6. Parsadanov I.V. (2003), “Improving the quality and competitiveness of diesel fuel in an integrated and ecological criteria: monograph” [Pidvyshhennja jakosti i konkurentospromozhnosti dyzeliv na osnovi kompleksnogo palyvno-ekologichnogo kryteriju: monografija], Kharkiv, Publ. NTU “KhPI”, 244 p. [in Ukrainian].
7. Efros V. V. and etc. (1976), “Diesel engines with air cooling of Vladimir Tractor Plant” [Dizeli s vozdushnym ohlazhdenijem Bladimirskogo traktornogo zavoda], Moscow, Publ. Mashynostrojenije, 277 p.
8. Kondratenko A. N., Stokov A. P., Karasichenko N. M. (2013), “Experimental study of the working layout of the filter element of particulate matter filter for diesel engine with bulk natural zeolite. Part 1” [Eksperimental’noe issledovanie dejstvujushhego maketa fil’trujushchego elementa fil’tra tverdyh chastic dizelja s nasypkoj iz prirodnogo ceolita. Chast’ 1], Internal Combustion Engines: Scientific and Technical Magazine, Kharkov: NTU “KhPI”, № 1, pp. 88 – 92. [in Russian].
9. Kondratenko A. N., Stokov A. P., Khozhainov S. P. (2013), “Experimental study of the working layout of the

filter element of particulate matter filter for diesel engine with bulk natural zeolite. Part 2” [Eksperimental'noe issledovanie dejstvujushhego maketa fil'trujushchego elementa fil'tra tverdyh chastic dizelja s nasypkoj iz prirodного ceolita. Chast' 2], Internal Combustion Engines : Scientific and Technical Magazine, Kharkov : NTU “KhPI”, № 2, pp. 92–97. [in Russian].

10. Matveeva T. Ju. (2004), “Introduction to macroeconomics” [Vvedenye v makroekonomyku], Moscow, Publ. GU-VShE, 512 p. [in Russian].

11. Official exchange rate of Hryvnia against foreign currencies. National Bank of Ukraine : Official website [Electronic recourse], Access mode: [tps://bank.gov.ua/control/en/curmetal/detail/currency?period=daily](https://bank.gov.ua/control/en/curmetal/detail/currency?period=daily), date of last access 30-01-2017.

12. Inflation index (Ukraine). Minfin: financial portal [Electronic recourse], Access mode: <http://index.minfin.com.ua/index/infl>, date of last access 30-01-2017.

13. Akaev A. A., Korotaev A. V., Fomin A. A. (2012), “Dynamics of the global rate of: regularities and predictions” [Dinamika tempov global'noj infljztsyi: zakonomernosti i prognozy], Moscow, Publ. “Knizhny Dom”, 32 p. [in Russian].

The article received by the editorial board 06.04.2017

С. А. Вамболь, А. Н. Кондратенко

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЕДИНИЦ СТОИМОСТНЫХ ЭКВИВАЛЕНТОВ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСНОГО ТОПЛИВНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ

В этой статье описаны результаты расчетного обоснования выбора единиц выражения стоимостных эквивалентов составляющих комплексного топливно-экологического критерия на примере автотракторного дизеля 2Ч10,5/12. Исследование показало, что разница в значениях стоимостных эквивалентов составляющих этого критерия, выраженные в избранных для исследования валютах – украинская гривна и доллар США, могут достигать одного порядка для современного значения их курса относительно друг друга, и двух порядков в случае сравнения их значений для 2003 и 2016 гг. из-за влияния определенных экономических и политических факторов. Однако исследование также показало, что доллар США, как мировая резервная валюта, в силу проявления инфляции не может рассматриваться как единицы выражения абсолютных стоимостных эквивалентов составляющих такого критерия. Предложено использовать математический аппарат индекса потребительских цен для учета явления инфляции. Научная новизна полученных результатов состоит в том, что впервые обоснован расчетом выбор единиц стоимостных эквивалентов составляющих комплексного топливно-экологического критерия проф. И.В. Парсаданова. Практическое значение полученных результатов состоит в том, что с использованием модифицированного математического аппарата становится возможным выполнить сравнительную оценку уровня экологической безопасности процесса эксплуатации энергетических установок с поршневым ДВС разных лет изготовления.

Ключевые слова: техногенно-экологическая безопасность, комплексное критериальное оценивание, стоимостные эквиваленты, топливно-экологическая эффективность, аварийно-спасательная техника, дизельный двигатель.

С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко

РОЗРАХУНКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОДИНИЦЬ ВАРТІСНИХ ЕКВІВАЛЕНТІВ СКЛАДОВИХ КОМПЛЕКСНОГО ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНОГО КРИТЕРІЮ

У цій статті описано результати розрахункового обґрунтування вибору одиниць вираження вартісних еквівалентів складових комплексного паливно-екологічного критерію на прикладі автотракторного дизеля 2Ч10,5/12. Дослідження показало, що різниця у значеннях вартісних еквівалентів складових цього критерію, що виражені у обраних для дослідження валютах – українська Гривня та Долар США, можуть сягати одного порядку для сьогоdnішнього значення їх курсу одне відносно одної, та двох порядків у випадку порівняння їх значень для 2003 і 2016 рр. через певні економічні й політичні фактори. Однак дослідження також показало, що Долар США, як світова резервна валюта, через інфляцію не може розглядатися як одиниці вираження абсолютних вартісних еквівалентів складових такого критерію. Запропоновано використати математичний апарат Індексу споживчих цін для врахування явища інфляції. Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше обґрунтовано розрахунком вибір одиниць вартісних еквівалентів складових комплексного паливно-екологічного критерію проф. І.В. Парсаданова. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що з використанням модифікованого математичного апарату стає можливим порівняльне оцінювання рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергетичних установок з поршневим ДВЗ різних років виготовлення.

Ключові слова: техногенно-екологічна безпека, комплексне критериальне оцінювання, вартісні еквіваленти, паливно-екологічна ефективність, аварійно-рятувальна техніка, дизельний двигун.

УДК 546.78

Г. М. Резніченко, к. т. н., ст. викладач

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

А. М. Бутенко, д. т. н., проф.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Багалея, 21, м. Харків, Україна, 61002

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВОЛЬФРАМОВІСНОЇ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

Проаналізовано існуючі методи зниження рівня оксидів азоту в газових викидах хімічних та металургійних виробництв. Запропоновано використання гетерофазного озонного методу денітрифікації газових потоків у технологіях переробки вольфрамівмісної вторинної сировини. Встановлено позитивний вплив озонування реакційного середовища на взаємодію нітратної кислоти з нікелем та залізом. Зокрема найнижчий рівень оксидів азоту в газових викидах спостерігається за температури 301 К за наявності озону, коли нікель та залізо переходять в розчин приблизно втричі швидше, у порівнянні з існуючими процесами. Визначено, що за умов застосування озону взаємодія невольфрамівмісних компонентів із нітратною кислотою відбувається за реакціями першого порядку за нікелем та залізом із величиною уявної енергії активації 13,7 кДж/моль та 12,6 кДж/моль відповідно, що вказує на дифузійну область їх протікання. Реалізація вказаних кінетичних параметрів дозволяє знизити вміст оксидів азоту в газових викидах до 15 %.

Ключові слова: екологічно безпечна технологія, захист атмосферного повітря, озонування, оксиди азоту, вторинна сировина, вольфрамівмісні сплави.

Постановка проблеми. Процес переробки вторинної вольфрамівмісної сировини має важливе значення для промисловості, економіки та забезпечення екологічної безпеки України; по-перше, через відсутність сировинної бази та вольфрамівмісних родовищ, а по-друге, унаслідок акумулювання на звалищах і шламонакопичувачах твердих відходів, до складу яких входять полівалентні метали та інші сполуки.

У роботі [1] запропоновано технологію переробки вторинної сировини зі складним вмістом полівалентних металів, що полягає у кислотному розчиненні домішок сполук нікелю та феруму з отриманням окремої твердої фази вольфраму. Для досягнення мети цієї роботи авторами запропоновано використовувати нітратну кислоту, що взаємодіє з нікелем та залізом, внаслідок чого до атмосферного повітря можуть надходити оксиди азоту. Перевищення концентрації NO_x , як відомо [2], призводить до руйнування озонового шару Землі, утворення фотохімічного смогу та кислотних дощів. Крім того, повітряні маси переносять ці речовини на значні відстані – відбувається трансграничне забруднення навколишнього середовища. Слід зазначити також на шкідливий вплив оксидів азоту для людини, а саме подразнення дихальних шляхів, отруєння, сенсорні, функціональні і патологічні ефекти. Надлишок оксидів азоту призводить до зменшення кількості хлорофілу у листі рослин, припинення їхнього росту і плодоносіння, мутагенних ефектів [2].

Тому задача забезпечення очищення газових викидів від NO_x , з метою запобігання забруднення атмосферного повітря, є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Запропоновано та існує багато способів зменшення кількості NO_x у відхідних газах, які умовно можна поділити на каталітичні й хемосорбційні. В

більшості вони мають низький ступінь перетворення та спрямовані на переробку NO_x із подальшим відновленням їх до елементарного азоту без утворення цільових продуктів. Щоб уникнути цих недоліків, у роботі [3] запропоновано використовувати гетерофазний озонний метод денітрифікації газових потоків, що є ефективним для очищення вихідних газів хімічних та металургійних виробництв великих потужностей.

Автор у роботі [3] досить повно дослідив та обґрунтував використання гетерофазного озонного способу для зниження вмісту NO_x за рахунок спільного окиснення NO і утворення азотної кислоти в одному об'ємі на стадії поглинання оксидів азоту. Застосування цього методу для зниження кількості оксидів азоту в газових викидах технології переробки вторинної вольфрамівмісної сировини є найбільш доцільним, за умови використання його на найбільш ранніх стадіях, а саме під час кислотного розчинення нікелю та заліза.

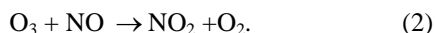
Постановка завдання та його вирішення. Для застосування обраного способу зниження кількості оксидів азоту та підвищення ефективності процесу розчинення нікелю та заліза необхідно дослідити кінетику та механізми цього процесу за наявності озону для встановлення технологічних та кінетичних показників цих процесів. Саме це автори цього дослідження поставили собі за мету.

Об'єкт дослідження – спосіб зниження кількості оксидів азоту, що утворюються в технології переробки вольфрамівмісної вторинної сировини.

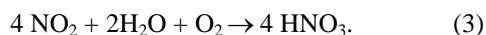
Предмет дослідження – фізико-хімічні закономірності процесу розчинення нікелю та заліза за наявності озону в технології переробки вольфрамівмісної вторинної сировини.

Таким чином, запропоновано вилучення невольфрамівмісних компонентів проводити із

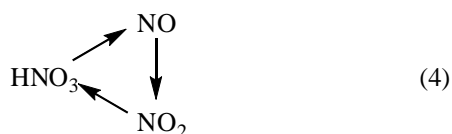
застосуванням нітратної кислоти за наявності озону. Це було зроблено для того, щоб нітроген оксид, який виділяється під час реакції (1), легко окиснювався озоном відповідно до рівняння реакції (2):



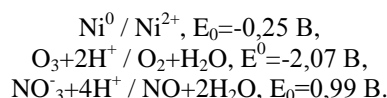
Утворений нітроген діоксид у середовищі, яке збагаченому присутністю молекулярним киснем знов перетворюється у нітратну кислоту



Таким чином цикл стає замкнутим

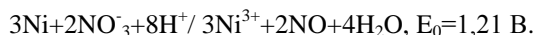


Слід додати, що озон у кислому середовищі значно полегшує окиснення нікелю у відповідний оксид, у порівнянні з нітратною кислотою:

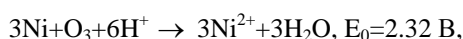


Це підтверджується також розрахунками електрорушійної сили окисно-відновних реакцій, відображених рівняннями (1) і (7) [4–5].

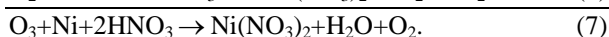
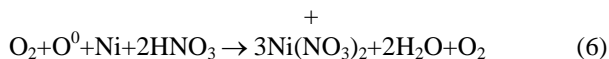
У випадку застосування HNO_3



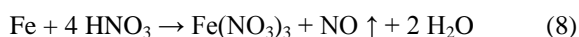
У випадку застосування $\text{HNO}_3 + \text{O}_3$



або в молекулярній формі:

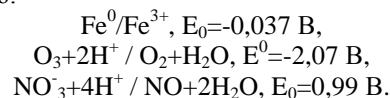


Хімічна взаємодія заліза, що міститься поряд з нікелем у складі зв'язуючого компоненту відпрацьованого вольфрамового сплаву, з розведеною нітратною кислотою, з урахуванням того, що металічне залізо окиснюється до сполуки зі ступенем окиснення +3, описується наступним рівнянням



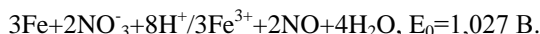
З урахуванням того, що озон у кислому середовищі значно полегшує й окиснення заліза до

відповідного оксиду в порівнянні з нітратною кислотою:

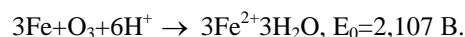


Це підтверджується розрахунками електрорушійної сили окисно-відновних реакцій, відображених рівнянням (11).

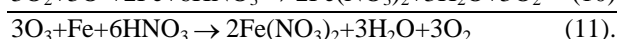
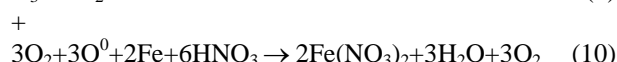
У випадку застосування HNO_3



У випадку застосування $\text{HNO}_3 + \text{O}_3$



В молекулярній формі:



Досліди проводили з використанням установки, відмінна риса якої полягала в тому, що замість абсорбції можливих викидів нітроген оксидів, які утворюються як побічний продукт, розчином гідроген пероксиду й розчином калій гідроксиду використовували озонатор Озон 60П продуктивністю 130 – 170 г/год, з урахуванням того, що озон O_3 являє собою дуже сильний окисник і є значно сильнішим, ніж O_2 , але слабшим, ніж O^0 .

Отримані дані, що представлені на рисунку 1 відображають залежність ступеня вилучення нікелю від терміну контактування зразків відпрацьованої вольфрамовмісної сировини з нітратною кислотою з концентрацією 35 % за наявності озону і тільки нітратною кислотою.

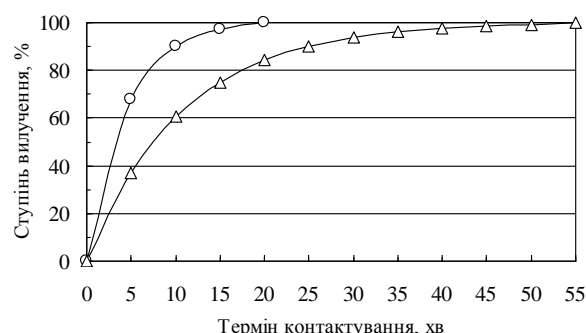


Рисунок 1 – Залежність ступеня вилучення нікелю від терміну контактування зразків відпрацьованої вольфрамовмісної сировини за температури 301 К: Δ – з розчином нітратної кислоти; \circ – з нітратною кислотою за наявності озону

Отримані дані свідчать, що повне вилучення нікелю з відпрацьованої вольфрамовмісної сировини нітратною кислотою відбувається впродовж 55

хвилини, в той час як за наявності озону для здійснення вказаного процесу достатньо всього 20 хвилин, тобто у 2,75 рази швидше, що визначається у відповідності з розрахунками електрорушійної сили, які були проведені з використанням рівнянь (1) і (7) [6–7].

На рисунку 2 відображена залежність ступеня вилучення заліза від терміну контактування зразків відпрацьованої вольфрамвмісної сировини з концентрацією 35 % та з нітратною кислотою тієї ж концентрації за наявності озону.

Аналіз отриманої залежності ступеня вилучення заліза від терміну контактування відпрацьованої вольфрамвмісної сировини з реакційним середовищем свідчить, що повне його вилучення озонованим розчином нітратної кислоти закінчилось упродовж 12 хвилин за температури навіть 301 К, в той час як за відсутності УФ-випромінювання в неозонованому розчині нітратної кислоти такої ж вихідної концентрації за 35 хвилин, тобто практично у термін, втричі довший [8].

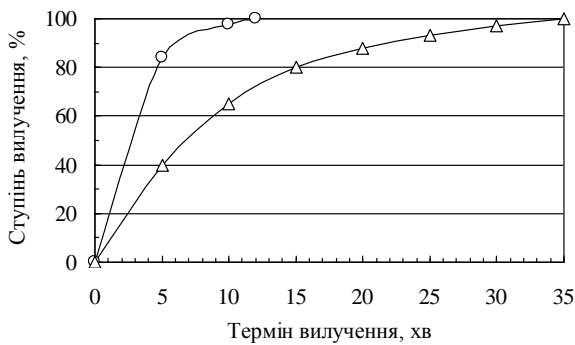


Рисунок 2 – Залежність ступеня вилучення заліза від терміну контактування відпрацьованої вольфрамвмісної сировини за температури 301 К: Δ – з нітратною кислотою; \circ – з нітратною кислотою за наявності озону

Поряд із цим, для більш детального дослідження процесу проводили обчислення деяких його кінетичних параметрів. Для знаходження порядку реакції вилучення нікелю та заліза із вторинної вольфрамвмісної сировини за наявності озону (7) та (11) використовували як аналітичний, так і графічний методи [9]. Сутність аналітичного методу полягала у підстановці експериментальних даних у вираз константи швидкості різних (цілісночисельних) порядків і порівняння між собою значень констант швидкостей, одержаних для кожного кінетичного рівняння. Для реакції:

$$\text{першого порядку} \quad k_1 = \frac{1}{\tau} \ln \left(\frac{C_0}{C} \right); \quad (12)$$

$$\text{другого порядку} \quad k_2 = \frac{1}{\tau} \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} \right); \quad (13)$$

$$\text{третього порядку} \quad k_3 = \frac{1}{2\tau} \left(\frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2} \right). \quad (14)$$

де C_0 – початкова концентрація металу у зразку, %; C – залишкова концентрація металу у зразку, %; τ – термін контактування металу з реакційним середовищем, с.

Розрахунки з використанням кожної з наведених формул дають можливість отримати наступний набір значень констант швидкості реакції $k_{1-(1-3)}$ вилучення нікелю та заліза $k_{2-(1-3)}$ з відпрацьованої вольфрамвмісної сировини для першого, другого та третього порядків відповідно, наприклад, за температури $T = 291$ К:

$$k_{1-1} (3,798 \cdot 10^{-3}; 3,807 \cdot 10^{-3}; 3,802 \cdot 10^{-3}; 3,803 \cdot 10^{-3}) \text{ с}^{-1},$$

$$k_{1-2} (6,32 \cdot 10^{-1}; 1,59 \cdot 10^{-2}; 1,51 \cdot 10^{-2}; 2,10 \cdot 10^{-2}) \text{ с}^{-1}(\%)^{-1},$$

$$k_{1-3} (6,93 \cdot 10^{-1}; 1,45 \cdot 10^{-2}; 2,65 \cdot 10^{-2}; 5,7 \cdot 10^{-2}) \text{ с}^{-1}(\%)^{-1}.$$

$$k_{2-1} (1,82 \cdot 10^{-3}; 1,80 \cdot 10^{-3}; 1,79 \cdot 10^{-3}; 1,84 \cdot 10^{-3}; 1,82 \cdot 10^{-3}; 1,81 \cdot 10^{-3}) \text{ с}^{-1},$$

$$k_{2-2} (2,21 \cdot 10^{-1}; 8,47 \cdot 10^{-2}; 6,15 \cdot 10^{-2}; 2,11 \cdot 10^{-2}) \text{ с}^{-1}(\%)^{-1},$$

$$k_{2-3} (7,59 \cdot 10^{-1}; 1,26 \cdot 10^{-2}; 3,97 \cdot 10^{-2}; 6,48 \cdot 10^{-2}) \text{ с}^{-1}(\%)^{-1}.$$

Як видно з розрахункових даних, значення констант швидкостей для реакцій 2-го і 3-го порядку систематично змінюються у міру перебігу реакції, тобто не залишаються сталими, у той час як значення, які обчислені за рівнянням константи швидкості реакції 1-го порядку, коливаються відносно деякої середньої величини, що становить $3,803 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ та $1,81 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ для нікелю та заліза відповідно. Таким чином, із розрахованих даних випливає, що реакція вилучення нікелю та заліза із вторинної вольфрамвмісної сировини за $T = 291$ К відповідає кінетичному рівнянню для реакції 1-го порядку [10].

Такого ж висновку щодо порядку можна дійти і внаслідок виконання розрахунків за $T = 301$ К. За цих умов константа швидкості для нікелю набуває таких значень ($3,15 \cdot 10^{-3}$; $3,18 \cdot 10^{-3}$; $3,12 \cdot 10^{-3}$; $3,15 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$), що в середньому становить $3,15 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, а для реакції (11) за $T = 301$ К константа швидкості набуває в середньому значення $1,52 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

Для підтвердження 1-го порядку реакції обчислювали їх значення за графічним методом. Для цього будували залежність концентрації нікелю у відпрацьованій вольфрамвмісній сировині від терміну його вилучення за різних температур (див. рис. 3).

А також визначали залежність вмісту заліза у відпрацьованій вольфрамвмісній сировині від терміну контактування (див. рис. 4).

У цих двох випадках вибирали довільно значення C_0 і знаходили проміжок часу, яке відповідає концентрації $C_0/2$. Із графічної залежності отримано наступні дані, які зведені в таблиці 1.

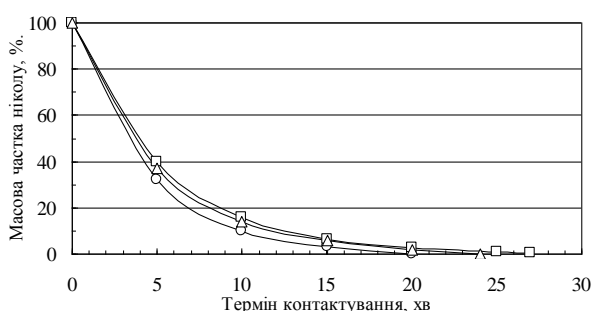


Рисунок 3 – Вміст нікелю у відпрацьованій вольфрамівмісній сировині залежно від терміну його обробки: □ – 291 К; ○ – 301 К; △ – 311 К

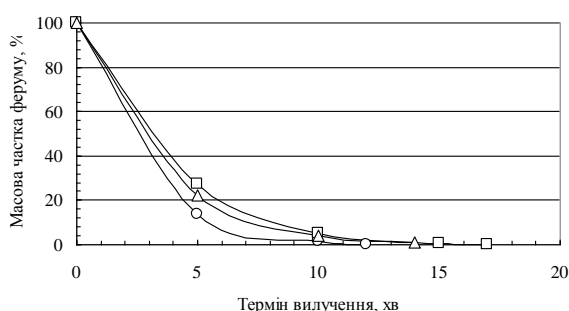


Рисунок 4 – Вміст заліза у відпрацьованій вольфрамівмісній сировині залежно від терміну його обробки: □ – 291 К; ○ – 301 К; △ – 311 К

Таблиця 1 – Залежність часу напівперетворення від температури та вихідної концентрації нікелю і заліза

Металічний елемент	Температура, К	Вихідна концентрація, C ₀ , %	Час напівперетворення, τ _{1/2} , хв
Ni	291	100	2,7
	301	75	2,2
	311	50	2,5
Fe	291	100	2,3
	301	75	1,9
	311	50	2,1

Тобто проміжок часу, за перебіг якого прореагувало 50 % вихідної концентрації нікелю та заліза, не залежить від їх початкових концентрацій, що також підтверджує належність реакції до 1-го порядку за нікелем та залізом відповідно в інтервалі температур 291–311 К.

На основі одержаних даних визначали енергію активації, температурний коефіцієнт тощо – кінетичні показники реакції вилучення нікелю та заліза.

Енергію активації $E_{акт}$ обчислювали згідно з рівнянням Арреніуса

$$E_{акт} = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \ln\left(\frac{k_{T2}}{k_{T1}}\right)}{T_2 - T_1}, \quad (15)$$

де R – мольна газова стала, 8,31 Дж/(моль·К).

Для нікелю

$$E_{акт} = 13654 \text{ Дж/моль} \approx 13,7 \text{ кДж/моль} \cdot$$

Для заліза

$$E_{акт} = 12661 \text{ Дж/моль} \approx 12,6 \text{ кДж/моль} \cdot$$

Температурний інтервал 291–301 К був узятий із тих міркувань, що розчинність газоватих учасників реакції O₃, O₂, NO і NO₂, з одного боку, тим більша, чим нижча температура, а отже й їх участь у реакціях, поданих рівняннями (2), (3), (7) та (8), буде більш імовірною; з іншого боку, підтримання більш низьких температур потребує використання спеціального обладнання, що пов'язано з додатковими матеріальними витратами.

Температурний коефіцієнт реакції γ розраховували на основі емпіричного правила Вант-Гоффа

$$\gamma^1 = \frac{k_{301}}{k_{291}} \quad (16)$$

Отримані значення $\gamma_{Ni} = 1,2$ та $\gamma_{Fe} = 1,19$ є характерними для реакцій, перебіг яких відбувається у дифузійній області.

Температурний коефіцієнт реакції можна обчислити також і за допомогою рівняння Арреніуса

$$\gamma = e^{\frac{10E}{RT^2}}. \quad (17)$$

Підстановка експериментальних даних у залежність (17) приводить до отримання, наприклад, для нікелю, наступних значень: $\gamma_{301} = 1,19$; $\gamma_{291} = 1,21$, що в середньому також дорівнює 1,2, а для заліза підстановка експериментальних даних призводить до отримання значення $\gamma_{Fe} = 1,19$.

Відповідно до рівнянням Арреніуса є можливість визначити значення передекспоненційного множника

$$k = A \cdot e^{\frac{-E}{RT}}, \quad (18)$$

де A – передекспоненційний множник (частота зіткнень частинок у секунду в одиниці об'єму реакційного середовища).

З цієї метою використовували логарифмічну форму рівняння (16)

$$\ln k = \ln A - \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}. \quad (19)$$

Обчислення за цим рівнянням показує, що для нікелю значення A_{Ni} становить $0,9 \cdot 10^2$, а для заліза $A_{Fe} = 0,29 \cdot 10^2$.

Визначення константи швидкості реакції і значення передекспоненційного множника дало

можливість рівняння формальної кінетики для незворотної реакції (7) та (8) у цьому інтервалі температур подати у вигляді (20) та (21) відповідно:

$$k = 0.9 \cdot 10^2 \cdot e^{\frac{-1.3710^4}{RT}}, \quad (20)$$

$$k = 0.29 \cdot 10^2 \cdot e^{\frac{-1.2610^4}{RT}}. \quad (21)$$

Таким чином, на основі досліджень зміни концентрації нікелю та заліза залежно від терміну вилучення за температур 291 та 301 К, за оптимальних умов проведення процесу, встановлено, що реакція вилучення нікелю та заліза із вторинної вольфрамвмісної сировини є реакціями першого порядку з величиною уявної енергії активації 13,7 кДж/моль та 12,6 кДж/моль відповідно, що вказує на дифузійну область їх протікання.

Висновки. З метою забезпечення екологічної безпеки під час переробки вольфрамвмісної

вторинної сировини, а саме усунення виділення оксидів азоту в атмосферне повітря, запропоновано проводити процес із додатковим озонуванням розчину.

Встановлено, що озонування реакційного середовища у разі вилучення нікелю та заліза позитивно впливає на їх взаємодію з нітратною кислотою, зокрема за температури лише 301 К нікель та залізо переходять у розчин приблизно втричі швидше, у порівнянні з проведенням вказаного процесу за відсутності озону.

Визначено, що за умов застосування озону взаємодія невольфрамвмісних компонентів з нітратною кислотою є реакціями першого порядку за нікелем та залізом із величиною уявної енергії активації 13,7 кДж/моль та 12,6 кДж/моль відповідно, що вказує на дифузійну область їх протікання. Реалізація вказаних кінетичних параметрів дозволяє знизити вміст оксидів азоту в газових викидах до 15 %.

Література

1. Резніченко Г. М. Розробка екологічно безпечної й ресурсозберігаючої технології переробки вторинної сировини зі складним вмістом полівалентних металів / Г. М. Резніченко, А. М. Бутенко // Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека» : – 2017. – №1. – С. 61–67.
2. Жуковский Т. Ф. Дослідження викидів оксидів азоту в атмосферне повітря від котлоагрегатів ЗАТ «Теплоенергоцентр-3» м. Харкова / Т. Ф. Жуковский, О. Л. Проценко // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст» : – 2010. – № 93. – С. 290–294.
3. Столяренко Г. С. Гетерофазні озонні процеси денітрифікації технологічних газових потоків / Г. С. Столяренко // Хімічні технології та екологічна безпека. – 2010. – № 2. – С. 177–187.
4. Резніченко В. В. Характер вилучення феруму із відпрацьованих вольфрамвмісних інструментальних сплавів у присутності озону / В. В. Резніченко, А. М. Бутенко, О. Я. Лобойко // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса. – 2009 – Вып. 2(32). – С. 205–210.
5. Резніченко В. В. Вплив озонування середовища на характер вилучення нікелю із вторинної вольфрамвмісної сировини / В. В. Резніченко, А. М. Бутенко, О. Я. Лобойко, Н. Б. Маркова // Вопросы химии и химической технологии – 2010. – № 2. – С. 114–118.
6. Аксельруд Г. А. Розчинення твердих тіл / Г. А. Аксельруд. – М. : Хімія, 1977. – 349 с.
7. Резніченко В. В. Ефективність вилучення невольфрамвмісних компонентів у присутності озону із сплаву ВНЖ-90 / В. В. Резніченко, А. М. Бутенко, О. Я. Лобойко, Н. Б. Маркова : матеріали IV всеукр. наук. конф. – Донецьк : ДонНУ. – 2010. – С. 196.
8. Резніченко В. В. Особливості хімічного витягнення феруму із відпрацьованих виробів на основі вольфраму у присутності озону / В. В. Резніченко, А. М. Бутенко, О. Я. Лобойко, Н. Б. Маркова : матеріали XVIII міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : НТУ «ХП». – 2010. – С. 244.
9. Стромберг А. Г. Физическая химия : учебник для ВУЗов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко. – М. : Высшая школа, 2006. – 527 с.
10. Резніченко В. В. Роль озона в процесі переробки вторинного вольфрамсодержащего сырья / В. В. Резніченко, А. Н. Бутенко, О. Я. Лобойко : матеріали V міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених. – Дніпропетрівськ : УДХТУ. – 2011. – С. 94.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2017

А. М. Резніченко, А. Н. Бутенко

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩЕГО ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Проанализированы существующие методы снижения уровня оксидов азота в газовых выбросах химических и металлургических производств. Предложено использование гетерофазного озонного метода денитрификации газовых потоков в технологиях переработки вольфрамсодержащего вторичного сырья. Установлено положительное влияние озонирования реакционной среды на взаимодействие азотной кислоты с никелем и железом. В частности, самый низкий уровень оксидов азота в газовых выбросах наблюдается при температуре 301 К в присутствии озона, когда никель и железо переходят в раствор примерно в три раза быстрее, по сравнению с существующими процессами. Определено, что в условиях применения озона взаимодействие

невольфрамсодержащих компонентов с азотной кислотой происходит реакциями первого порядка по никелю и железу с величиной кажущейся энергии активации 13,7 кДж/моль и 12,6 кДж/моль соответственно, что указывает на диффузионную область их протекания. Реализация указанных кинетических параметров позволяет снизить содержание оксидов азота в газовых выбросах до 15%.

Ключевые слова: экологически безопасная технология, защита атмосферного воздуха, озонирование, оксиды азота, вторичное сырье, вольфрамсодержащие сплавы.

M. Reznichenko, A. Butenko

INVESTIGATION OF METHODS OF PROTECTION OF ATMOSPHERIC AIR IN PROCESSING OF TUNNEL-CONTAINING SECONDARY RAW MATERIALS

The existing methods of reducing the level of nitrogen oxides in gas emissions of chemical and metallurgical industries are analyzed. The use of a heterophase ozone method for the denitrification of gas streams in technologies for processing tungsten raw materials is proposed. The positive effect of ozonation of the reaction medium on the reaction of nitric acid with nickel and iron was established. In particular, the lowest level of nitrogen oxides is observed at a temperature of 301 K in the presence of ozone, when nickel and iron pass into the solution about three times faster than existing processes. It is determined that under the conditions of ozone application the interactions of non-phosphoric components with nitric acid are first-order reactions in nickel and iron with an apparent activation energy value of 13.7 kJ / mol and 12.6 kJ / mol, respectively, indicating a diffusion region of their course. The implementation of these kinetic parameters allows to reduce the content of nitrogen oxides in gas emissions by 15%.

Keywords: environmentally safe technology, protection of atmospheric air, ozonization, nitrogen oxides, secondary raw materials, tungsten-containing alloys.

УДК 519.876.5:628.472

С. А. Вамболь, д. т. н., проф., зав. каф.

В. Ю. Колосков, к. т. н., доц., доц. каф.

Ю. Ф. Деркач, к. ф.-м. н., с. н. с., викладач каф.

Національний університет цивільного захисту України
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ, ПРИЛЕГЛИХ ДО МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ, НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ ЕКОЛОГІЧНОГО РЕЗЕРВУ

Сформульовано та представлено у формалізованому вигляді інтегральний критерій оцінювання екологічного стану території за показником рівня її екологічного резерву. Новизна отриманого результату полягає у використанні логістичної моделі для кількісного опису залежностей величин, які характеризують деградаційні процеси в екосистемах, у якості відгуків навколишнього природного середовища на дію факторів негативного впливу. На основі критерію екологічного резерву запропоновано вдосконалення методу оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, з використанням імітаційного моделювання для отримання сталої статистики зміни рівня екологічної безпеки за показниками якості довкілля та параметрами об'єкта, які визначають фактори ризику виникнення надзвичайної ситуації.

Ключові слова: екологічний стан, інтегральний критерій, екологічний резерв, імітаційне моделювання, відходи.

Постановка проблеми. У лютому 2015 року до Закону України від 19.06.2003 р. № 964-IV «Про основи національної безпеки України» було внесено ряд суттєвих доповнень стосовно визначення загроз та напрямів державної політики у сфері цивільного захисту. Зокрема до переліку загроз національним інтересам та національній безпеці держави у сфері цивільного захисту включено значне антропогенне і техногенне перевантаження території України, а також зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру. Як результат, серед напрямів державної політики України у сфері цивільного захисту наразі водночас представлено наступні:

– вжиття організаційних, економічних, інженерно-технічних та інших заходів для зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій до прийнятних рівнів;

– підвищення рівнів екологічної, ядерної та радіаційної безпеки до норм і стандартів у відповідних сферах.

Таким чином, можна стверджувати, що у сучасних умовах сформовано правові засади переходу до комплексного вирішення питань забезпечення екологічної безпеки та зменшення ризиків виникнення НС на об'єктах, які є джерелом негативного впливу на навколишнє природне середовище, зокрема місця зберігання відходів.

У процесі життєдіяльності людини утворюється велика кількість відходів різного походження. Місця зберігання відходів виступають потужними довготривалими джерелами забруднення навколишнього середовища. Інтенсивність негативного впливу вказаних об'єктів на прилеглі території додатково збільшується за рахунок утворення на них багатокomпонентних сумішей шляхом змішування з ширшим спектром відходів, включаючи уламки будівельного сміття. Оскільки, на жаль, на сьогодні не все населення України охоплене системою збирання та вивозу побутових відходів, велику проблему становлять несанкціоновані звалища, а також

санкціоновані полігони зберігання відходів, впорядкування яких не відповідає вимогам технічних регламентів.

Забезпечення необхідних умов безпечної експлуатації або ліквідація таких об'єктів суттєво ускладнюється тим, що місця їхнього розташування зазвичай обираються виходячи з бажання використовувати незайняті, «нічийні» землі. Натомість ці ділянки землі при більш детальному аналізі виявляються такими, що належать до природоохоронних або санітарних зон, що, з одного боку, збільшує екологічну шкоду від експлуатації об'єкта, а з іншого – звужує можливості застосування до нього класичних санітарно-захисних заходів.

Характерними властивостями несанкціонованого або неупорядкованого сміттєзвалища є динамічність площі, яку воно займає, а також змінність складу розміщених на ньому відходів, що, у свою чергу, збільшує невизначеність у оцінках рівня екологічної безпеки. Реалізація динамічного керування станом навколишнього природного середовища потребує якісно нових підходів до оцінювання результатів негативних впливів на нього. Врахування сукупної дії різних факторів, накопичення ефекту впливу, взаємозв'язків між показниками рівня екологічної безпеки сміттєзвалища та факторами ризику виникнення НС тощо вимагає переходу від методів прямого оцінювання результатів впливів до методів прогнозування цих результатів у майбутньому, що дозволить не лише виконати завдання забезпечення необхідного рівня безпеки, а й підвищити ефективність захисних заходів, які впроваджуються для його вирішення. З урахуванням обмеженості ресурсів з ліквідації наслідків шкідливого впливу на навколишнє природне середовище актуальною проблемою є оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, особливо несанкціонованих, як об'єктів техногенної діяльності людства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел продемонстрував відсутність

всеосяжного узагальнюючого методу інтегрального оцінювання екологічного стану територій, що пов'язано насамперед з великою різноманітністю факторів негативного впливу на навколишнє природне середовище. Існуючі на сьогоднішній день розробки з питань методології оцінювання екологічного стану територій загалом базуються на двох наступних підходах: експертному та розрахунковому. Експертний підхід, представлений, зокрема, роботами [1–4], базується на формуванні висновків групою експертів за результатами вивчення великих обсягів вихідних даних. Загальним недоліком подібних методів оцінювання є нехтування граничними значеннями показників, встановленими у нормативних документах, та, як наслідок, відсутність чітко встановлених кількісних значень, які б характеризували перехід територією від одного стану до іншого. Застосування розрахункового підходу дозволяє подолати зазначену проблему, визначаючи деякий узагальнюючий індекс шляхом сумування оцінок за окремими показниками, як правило, з використанням вагових коефіцієнтів [5–10]. Втім, отримані значення індексів є більш придатними для порівняння територій між собою, аніж для визначення абсолютних показників екологічного стану.

Вказані дослідження використовують для оцінювання різні набори показників. Наприклад, запропонована у роботі [9] методологія інтегрального оцінювання екологічного стану територій базується на розрахунках інтегрального критерію за показниками стану атмосфери, гідросфери, літосфери та біосфери, які мають визначатися за офіційними звітними даними, отриманими на основі Керівництва з використання екологічних показників СЕК ООН [11]. Викладений у зазначеному Керівництві загальний перелік таких індикаторів включає лише найважливіші з них, встановлені для вживання при підготовці екологічної звітності та прогнозування рівня екологічної безпеки у майбутньому. Обрані належним чином показники з наведеного у [11] переліку, підкріплені рядами даних достатньої ємності та глибини за часом, дозволяють визначати основні тенденції розвитку стану територій, встановлювати джерела та наслідки негативних впливів на навколишнє природне середовище, а також оцінювати ефективність заходів з покращення екологічного стану. Однак слід відмітити, що вказані показники спрямовані на встановлення зведених висновків стосовно екологічного стану території, про що свідчать, зокрема, одиниці, в яких вимірюються ці величини, наприклад:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря – тисячі тонн на рік;
- відновлювальні ресурси прісних вод – млн м³ на рік;
- утворення відходів – млн. тонн на рік, тощо.

Таким чином, можна зробити висновок, що представлені у сучасних роботах підходи до вирішення проблеми оцінювання екологічного стану територій орієнтовані, головним чином, на узагальнене оцінювання та прогнозування, а отже їхнє практичне застосування для динамічного оперативного управління екологічною безпекою є суттєво ускладненим.

Оскільки реальні умови функціонування природних процесів у навколишньому природному середовищі характеризуються впливом складного комплексу негативних факторів, оцінювання результату їхньої дії має базуватися на сформованих динамічних моделях виникнення відгуків навколишнього природного середовища під дією тих або інших факторів. При цьому екологічні процеси слід розглядати як інтегральну сукупність хімічних, біологічних, геологічних, техногенних та інших процесів, які відбуваються в екосистемах різного рівня. За такого підходу вони аналізуються як відкриті системи з використанням синергетичного підходу [12]. Цей підхід успішно використовувався у різноманітних дослідженнях з популяційної екології; актуальним видається його впровадження й у інших областях екологічної науки, особливо у поєднанні з методами імітаційного моделювання, застосування яких дозволяє суттєво розширити межі досліджуваних станів екосистем.

Основи концепції комплексного екологічного оцінювання природно-техногенних об'єктів, покладеної в основу представлених досліджень, викладено у роботах з питань екологічної безпеки [12–16]. Загальний підхід до створення моделей, що використовувався автором у дослідженнях, викладено у роботі [17].

Постановка завдання та його вирішення. Метою представленої роботи є вдосконалення методу оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів. Для досягнення поставленої мети було поставлено та вирішено наступну задачу: розробка інтегрального критерію оцінювання екологічного стану територій.

Роздільне використання відокремлених підходів до контролю за негативним впливом на атмосферу, гідросферу та літосферу не дозволяє організувати комплексний захист довкілля, оскільки до уваги не береться наявність їхніх взаємозв'язків за рахунок переміщення забруднюючих речовин між різними елементами природного середовища. Такий підхід, зокрема, означає звуження завдання захисту довкілля до впровадження заходів зі зниження окремих показників за рахунок перерозподілу факторів негативного впливу на навколишнє середовище між його елементами без практичного зменшення рівня цього впливу в цілому.

Виходячи з вищесказаного, будемо розглядати оцінювання екологічного стану території у наступному визначенні: процес порівняння сукупності екологічних станів об'єктів з певними нормами з урахуванням потенційно можливих впливів зовнішніх факторів, зокрема факторів ризику НС. У такому сенсі при оцінюванні результатів негативних впливів на об'єкт та навколишнє природне середовище необхідно враховувати якнайбільшу кількість індивідуальних особливостей об'єкта за ризиком виникнення на ньому НС техногенного чи природного характеру. Натомість експериментування з відтворенням умов перебігу НС є неприпустимим за вимогами безпеки. З урахуванням усього вищезгаданого, методологічною основою представленої роботи було обрано метод імітаційного моделювання, який дозволив перейти до аналізу

відповідних станів об'єкта з визначенням альтернатив його режимів функціонування і, внаслідок цього, до визначення рівня безпеки об'єкта в цілому.

Обраний метод дослідження дозволяє одержати стійку статистику розвитку подій, за умови заміни реальної системи управління безпекою місця зберігання відходів її моделлю [18]. При цьому функціонування системи розглядається на інтервалі часу (T_0, T_1) , що характеризується дією комплексу зовнішніх факторів $F_i(t) \in \Phi$, $i=1..n$. Для визначення факторів ризику виникнення НС та показників якості навколишнього природного середовища додаються параметри $\varepsilon_m^{HC} \in E^{HC}$, $m=1..R$ та $\varepsilon_l^{EB} \in E^{EB}$, $l=1..P$ відповідно. Множина величин $E = E^{HC} \cup E^{EB}$ при цьому розглядається як сукупність відгуків об'єкта та середовища на вплив зовнішніх факторів з урахуванням взаємозв'язку процесів, що відбуваються на об'єкті та у середовищі. Результатом моделювання є залежності від часу $W(t) = K(t), Y(t)$ критеріїв оцінювання рівня безпеки $K(t) : K = K^{BC} \cup K^{HC}$ та керуючого імпульсу $Y(t)$ у вигляді комплексу впливів на кожен із факторів, що визначають рівень безпеки, $Y = \{Y_i\} : Y_i = g_i(K)$.

Задача визначення шуканих залежностей формалізується наступним чином

$$W(t) = M(A(t), B), \quad (1)$$

де A – сукупність вхідних параметрів системи у формі $A = \Phi \cup E$; B – множина регламентуючих обмежень, які визначають у кількісному вираженні граничні значення для кожного з використовуваних критеріїв оцінювання рівня безпеки.

Сформований набір критеріїв

$$K = K^{HC} \cup K^{EB} = \{K_m^{HC}\} \cup \{K_l^{EB}\}, \quad (2)$$

має формалізувати вимоги нормативних документів, що регламентують умови експлуатації місць зберігання відходів, за припустимим рівнем ризику виникнення НС

$$K_m^{HC} : \chi_m^{HC}(\Phi, E^{HC}), \quad m=1..R, \quad (3)$$

та рівнем екологічної безпеки

$$K_l^{EB} : \chi_l^{EB}(\Phi, E^{EB}), \quad l=1..P, \quad (4)$$

де R та P – кількість критеріїв для оцінювання рівня безпеки за відповідними напрямками.

Отже, процес функціонування системи управління безпекою місця зберігання відходів у загальному вигляді можна записати наступним чином

$$\{A, B\} \rightarrow W : \{K \rightarrow Y\}. \quad (5)$$

Оскільки реальні умови функціонування природних процесів у навколишньому природному середовищі характеризуються впливом складного комплексу негативних факторів, оцінювання результату їхньої дії має базуватися на сформованих динамічних моделях виникнення відгуків навколишнього середовища під дією тих або інших факторів. З урахуванням цього метод визначення рівня безпеки місця зберігання відходів полягає у покроковій перевірці дотримання умов безпечного функціонування об'єкта на основі критеріїв безпеки у n -вимірному просторі факторів Φ , які змінюються за програмою функціонування об'єкта, з наданням узагальненого висновку про рівень безпеки.

Комплекс вихідних даних формується за трьома напрямками.

1. Формування набору значень факторів, що визначають рівень безпеки, з урахуванням керуючих імпульсів на корегування цих значень при виході на неприпустимий режим роботи. Для уніфікації оцінювання рівня безпеки множину зведених факторів $\bar{F}_i \in \Phi^{36} : \bar{F} : \Phi \rightarrow \Phi^{36}$ отримують у вигляді

$$\bar{F}_i = \bar{F}_i^{36}(F_i) = \frac{F_i}{[F_i]}, \quad i=1..n, \quad (6)$$

де $[F_i]$ – граничні припустимі значення діючих факторів. Вказаний підхід надає можливість перейти до розгляду n -вимірного простору зведених значень факторів, у якому граничні припустимі значення визначаються нормативним критерієм у вигляді

$$\bar{F}_i = 1, \quad i=1..n, \quad (7)$$

завдяки чому різноманітні за походженням фактори зрівнюються за значенням.

2. Формування набору критеріїв для оцінювання безпеки об'єкта. Побудову критеріїв оцінювання рівня безпеки проводять з урахуванням визначеного набору діючих факторів. Це дозволяє визначити набір значущих відгуків, що максимально відповідатиме ситуації, яка може скластися на об'єкті. За умови використання нормативного підходу до побудови критеріїв аналогічно (7) отримуємо наступний формалізований вигляд для критеріїв (3)–(4):

$$\chi_m^{HC} = \bar{\varepsilon}_m^{HC} = \frac{\varepsilon_m^{HC}}{[\varepsilon_m^{HC}]}, \quad m=1..R, \quad (8)$$

$$\chi_l^{EB} = \bar{\varepsilon}_l^{EB} = \frac{\varepsilon_l^{EB}}{[\varepsilon_l^{EB}]}, \quad l=1..P, \quad (9)$$

де $[\varepsilon_m^{HC}]$ та $[\varepsilon_l^{EB}]$ – граничні припустимі значення параметрів об'єкта та показників якості довкілля відповідно; $\bar{\varepsilon}_m^{HC}$ та $\bar{\varepsilon}_l^{EB}$ – їхні зведені значення.

3. Формування набору параметрів та вихідних даних, які визначають початковий та гранично-припустимий стани об'єкту й екосистеми прилеглої території, включаючи $[F_i]$, $[\varepsilon_m^{HC}]$, $[\varepsilon_l^{EB}]$.

Комплекс критеріїв оцінювання рівня безпеки реалізується для кожного діючого фактору та водночас для усіх значущих відгуків навколишнього природного середовища та об'єкта. Наприклад, у роботі [19] були визначені критерії оцінювання рівня безпеки місця зберігання твердих побутових відходів на основі аналізу матеріалів дистанційного зондування Землі з виділенням зон органічних складових накопичених відходів, які придатні для попереднього визначення рівня безпеки. Однак для того, щоб застосовувати представлений метод при оцінюванні екологічного стану територій, прилеглих до місця зберігання відходів, необхідно визначити розширений набір критеріальних показників K із застосуванням екологічного підходу, який полягає у дослідженні взаємозв'язків та взаємозалежностей екосистем з їх функціональним середовищем за допомогою екологічних індикаторів, екологічних показників та екологічних факторів [16].

Екологічний стан території характеризує інтенсивність речовинно-енергетичних обмінів між екосистемою та її навколишнім середовищем, включаючи його антропогенну складову. За загальноприйнятим підходом екологічні стани поділяють на п'ять типів, однак практична реалізація цього розподілу в різних джерелах істотно відрізняється. Наприклад, у Водній Рамковій Директиві ЄС [20] встановлено наступні типи: відмінний; добрий; задовільний; поганий; дуже поганий. Натомість у вітчизняній практиці прийнято класифікацію, орієнтовану здебільшого на визначення ступенів деградації екосистем [21]: умовно сприятливий (благополучний); задовільний; напружений (передкризовий); критичний або кризовий (екологічна НС); катастрофічний.

Критичний або кризовий екологічні стани територій характеризуються значними змінами в екосистемах, що практично не компенсуються. У [22] розподіл цих станів конкретизовано таким чином: територія послідовно проходить спочатку критичний (4^I), а потім вже кризовий (4^{II}) стан, причому останній зіставляється з настанням екологічної НС. Катастрофічний же стан відповідає настанню глибоких незворотних змін в екосистемі.

Встановлення меж між класами має, з одного боку, відповідати законам екологічної науки, а з іншого – існуючим нормативним документам з питань забезпечення екологічної безпеки. Слід зазначити, що для реалізації оперативного управління екологічною безпекою особливо цікавістю становлять саме проміжні межі між класами екологічних станів, оскільки їх точне встановлення дозволить гнучкіше визначати діапазони корегуючих впливів для попередження переходу території до неприпустимого стану.

Ще складнішою стає ситуація, коли зовнішні навантаження представлені сукупністю деяких факторів, особливо за умов НС, адже здатність екосистеми адаптуватися до таких впливів значно

послаблюється. У подібних випадках мова йде про необхідність оцінювання екологічної надійності – здатності самовідновлюватися і саморегулюватися в межах певних, притаманних для них коливань, факторів впродовж періоду їх існування [16].

З урахуванням усього вищесказаного найбільш вдалим видається використання для визначення переходів між екологічними станами території поняття екологічного резерву, введеного Ю. А. Израеєм. Екологічний резерв визначає ступінь наближення екосистеми до катастрофічного стану, тому в якості кількісного вираження коефіцієнта екологічної якості за такого підходу пропонується ввести показник рівня екологічного резерву ρ , який визначатиметься за формулою

$$\rho = 1 - \bar{\varepsilon}. \quad (10)$$

Такий підхід до визначення екологічного стану буде відображенням нормативного за умови, що як граничне значення відгуку екосистеми буде взято таке, що відповідає досягненню нею катастрофічного стану. Оскільки визначення меж переходу між класами мають враховувати закони мінімуму Лібіха та толерантності Шелфорда, в основу визначення проміжних значень показників було покладено запропоновану в [9] гіпотезу про можливість використання логістичної кривої для опису загального характеру залежності значення відгуку екосистеми від фактора негативного впливу. Тоді зазначену залежність можна представити у формалізованому вигляді наступним чином:

$$\bar{\varepsilon}(\bar{F}) = \frac{\bar{\varepsilon}_{max} \bar{\varepsilon}_0}{\bar{\varepsilon}_0 + (\bar{\varepsilon}_{max} - \bar{\varepsilon}_0) \cdot e^{-\gamma \bar{F}}}, \quad (11)$$

де $\bar{\varepsilon}_0$ – початкове значення відгуку; $\bar{\varepsilon}_{max}$ – асимптотичне значення відгуку ($\bar{\varepsilon} > 1$), яке відповідає повній деградації екосистеми; γ – деяка константа, яка визначає швидкість деградації за зростання фактора негативного впливу \bar{F} та залежить від характеру реакції екосистеми на його дію. З урахуванням (10) отримуємо

$$\rho(\bar{F}) = 1 - \frac{(1 - \rho_{min})(1 - \rho_0)}{(1 - \rho_0) + (\rho_0 - \rho_{min}) \cdot e^{-\gamma \bar{F}}}, \quad (12)$$

де $\rho_0 = 1 - \bar{\varepsilon}_0$ – початкове значення рівня екологічного резерву; $\rho_{min} = 1 - \bar{\varepsilon}_{max}$ – асимптотичне значення рівня екологічного резерву ($\rho_{min} < 0$), яке відповідає повній деградації екосистеми. Форми логістичних кривих, побудовані за (11)–(12) представлено на рисунку 1.

Використання представленого підходу дозволило сформулювати новий інтегральний критерій оцінювання екологічного стану території – критерій екологічного резерву, який можна визначити як критерій наявності на території достатньої здатності

сприймати зовнішні фактори негативного впливу без переходу в катастрофічний стан.

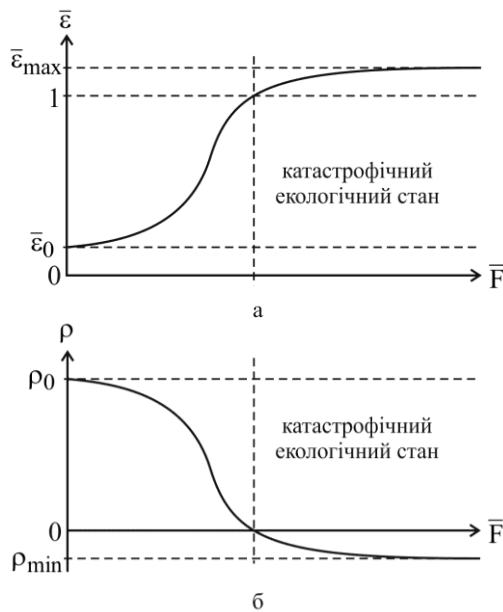


Рисунок 1 – Форми логістичних кривих для залежностей «фактор негативного впливу – відгук екосистеми» (а) та «фактор негативного впливу – рівень екологічного резерву» (б)

У формалізованому вигляді критерій екологічного резерву має наступний вигляд

$$\chi^p = \rho(\bar{F}): \chi^p \geq 0, \quad (13)$$

при цьому перетворення кризового екологічного стану території на катастрофічний визначається досягненням показником рівня екологічного резерву величини $\chi^p = 0$, а подальший розвиток катастрофічної деградації екосистеми характеризуватиметься значеннями $\chi^p < 0$.

Висновки. Основним результатом представленої роботи є розроблений інтегральний критерій оцінювання екологічного стану території за величиною показника рівня її екологічного резерву, який дозволяє визначити одночислову критеріальну оцінку результату впливу місця зберігання відходів на довкілля з урахуванням взаємозв'язків між природними процесами в ньому з параметрами функціонування об'єкта, що є джерелом негативного впливу.

Використання критерію екологічного резерву, у свою чергу, дає можливість вдосконалити метод оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, зробивши його придатним до використання не лише для довгострокового оцінювання, а й для оперативного управління екологічною безпекою.

Для практичної реалізації інтегрального критерію та методу оцінювання на його основі необхідним є проведення системних досліджень, спрямованих на визначення формалізованих параметрів, які визначають характер деградаційних процесів у екосистемах за умови дії факторів негативного впливу різної природи.

Література

1. Disparate perceptions about uncertainty consideration and disclosure practices in environmental assessment and opportunities for improvement [Electronic resource] / Wanda Leung, Bram F. Noble, Jochen A. G. Jaeger, & Jill A. E. Gunn // *Environmental Impact Assessment Review*. – 2016. – Vol. 57. – Pp. 89–100. – Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.001>
2. Global Assessment of Human Induced Soil Degradation (GLASOD) / Users Guide to the GLOBAL DIGITAL DATABASE, 1991. – 230 p.
3. Living Planet Report 2006. WWF International [Electronic resource]. – Gland, Switzerland, 2007. – Available at : www.panda.org/livingplanet.
4. Барановський, В. А. Екологічна географія і екологічна картографія / В. А. Барановський. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 252 с.
5. Changyoon Ji. Comparative analysis of methods for integrating various environmental impacts as a single index in life cycle assessment [Electronic resource] / Changyoon Ji, & Taehoon Hong // *Environmental Impact Assessment Review*. – 2016. – Vol. 57. – P. 123–133. – Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.013>.
6. Weaving common threads in environmental causal assessment methods: toward an ideal method for rapid evidence synthesis [Electronic resource] / J. Angus Webb, Kate Schofield, Michael Peat, etc. // *Freshwater Science*. – 2017. – Vol. 36 – № 1. – P. 250-256. – Available at: <http://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/690449>.
7. Aydi A. Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment [Electronic resource] / A. Aydi, M. Zairi, & H. B. Dhia // *Environmental Earth Sciences*. – 2013. – Vol. 68, issue 5. – P. 1375–1389. – Available at : <http://link.springer.com/article/10.1007/s12665-012-1836-3>.
8. Екологічний атлас Харківської області / Є. Л. Макаровський, О. В. Соловйов, Г. Д. Коваленко та ін. – Х. : УкрНДЦЕП, 2005. – 80 с.
9. Белогуров, В. П. Разработка методологии интегрального оценивания экологического состояния территорий / В. П. Белогуров // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2014. – № 5/10 (71). – С. 25–29.
10. Козуля, Т. В. Комплексна екологічна оцінка природно-техногенних комплексів на основі MIPS- і ризик-аналізу / Т. В. Козуля, Д. І. Смелянова, М. М. Козуля // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2014. – № 3/10 (69). – С. 8–13.

11. Мониторинг окружающей среды: руководство по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и центральной Азии [Электронный ресурс] / Европейская экономическая комиссия ООН. – 2007. – 108 с. – Режим доступа : <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/europe/monitoring/Belgrade/CRP1.Indicators.Ru.MK.pdf>.
12. Пляцук, Л. Д. Синергетика: экосистемные процессы / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черныш, Д. Л. Пляцук // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Ч.1. – 2014. – Вип. 6 (89). – С. 137–142.
13. Лисиченко, Г. В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль. – К.: Наук. думка, 2008. – 543 с.
14. Харламова, Е. В. Теоретические основы управления экологической безопасностью техногенно нагруженного региона / Е. В. Харламова, М. С. Малеваный, Л. Д. Пляцук // Екологічна безпека – 2012. – № 1 (13). – С. 9–12.
15. Екологічне управління / В. Я. Шевчук, Ю. М. Сатанкін, Г. А. Білявський та ін.; під ред. Г. А. Білявського. – К.: Лебідь, 2004. – 430 с.
16. Приходько, М. М. Теоретико-методологічні основи екологічної безпеки геосистем / М. М. Приходько // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: географія. – 2012 – № 1 (вип. 31). – С. 179–191.
17. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
18. Колосков, В. Ю. Моделі та методи прогнозування рівня безпеки полігону зі зберігання твердих побутових відходів / В. Ю. Колосков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Зб. наук. праць. Серія «Механіко-технологічні системи та комплекси». – 2016. – № 4 (1176). – С. 142–146.
19. Прогнозування рівня безпеки несанкціонованого сміттєзвалища з використанням імітаційного моделювання [Електронний ресурс] / С. О. Вамболь, В. В. Вамболь, В. Ю. Колосков, Ю. Ф. Деркач // Екологічна безпека. – 2016. – № 2/2016 (22) – С. 51-58. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Articles/vambol/51-58.pdf>.
20. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення / Європейський парламент та Рада Європейського Союзу. – К.: Консорціум компаній RODECO-VERSeau-WRc, 2006. – 240 с.
21. Зеркалов, Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля [Електронний ресурс] : монографія / Д. В. Зеркалов – Електрон. дані. – К.: Основа, 2011. – 1 електрон. опт. Диск (CD-ROM) : кольор. ; 12 см. – (К.: Основа, 2011). – Систем. вимоги: Pentium-266 ; 32 Мб RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з титул. екрану.
22. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Минприроды РФ, 1992. – 51 с.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2017

С. А. Вамболь, В. Ю. Колосков, Ю. Ф. Деркач

ОЦЕНИВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К МЕСТАМ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ, НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕЗЕРВА

Сформулирован и представлен в формализованном виде интегральный критерий оценивания экологического состояния территории по показателю уровня ее экологического резерва. Новизна полученного результата состоит в применении логистической модели для количественного описания зависимостей величин, характеризующих деградационные процессы в экосистемах, в качестве откликов окружающей природной среды на влияние факторов негативного воздействия. На основе критерия экологического резерва предложено усовершенствование метода оценивания экологического состояния территорий, прилегающих к местам захоронения отходов, с использованием имитационного моделирования для получения устойчивой статистики изменения уровня экологической безопасности по показателям качества окружающей среды и параметрам объекта, которые определяют факторы риска возникновения чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: экологическое состояние, интегральный критерий, имитационное моделирование, экологический резерв, отходы.

S. Vambol, V. Koloskov, Yu. Derkach

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITION OF TERRITORIES ADJOINED TO WASTES STORAGE SITES BASED ON ENVIRONMENTAL RESERVE CRITERION

The integral criterion of assessment of environmental condition of the territory according to its environmental reserve criterion is formulated and represented in a formalized way. The novelty of the achieved result is in the logistic model application for quantitative description of dependencies of values characterizing degradation processes in ecosystems considered as responses of surrounding natural environment on negative impact factors influence. On the basis of environmental reserve criterion, the improvement of the method of assessment of environmental condition of the territory adjoined to the wastes storage sites is proposed using the simulation modeling to achieve stable statistics of the environmental safety level changes as respects to environmental quality indexes together with object parameters which determine the factors of risk of the emergency situations occurrence.

Keywords: environmental condition, integral criterion, environmental reserve, simulation modeling, wastes.

UDC 504.064.3

V. Vambol, DSc, Associate Professor, Professor of Department**N. Rashkevich**

National University of Civil Protection of Ukraine

Chernishevskaya str., 94, Kharkiv, Ukraine, 61000

ANALYSIS OF METHODS OF IDENTIFICATION OF ECOLOGICALLY DANGER SUBSTANCES IN ATMOSPHERIC AIR

The analysis of methods for identification of ecological dangerous substances in atmospheric air has been carried out. The analysis of literature data showed that the most widely used methods for assessing the state of atmospheric pollution are biological indication, chemical-analytical researches of air probe and remote methods. Modern remote methods are GIS technologies and lidars. The features of the presented methods are considered in detail. Significant advantages of laser monitoring such as mobility and high accuracy are noted. This allows not only to identify pollutants in conditions of emergency situations, but also to prevent the appearance of emergency situations at potentially danger objects such as solid domestic waste dumps, peat bogs, toxic waste disposal sites for industry, agricultural pesticides, waste heaps and the like. This study has shown the need to following study the possibility of unifying approaches to monitoring and developing techniques for its application to obtain qualitative and quantitative indicators.

Keywords: air, identification of contaminants, remote sensing, laser monitors.

Problem statement. Quality of environment and human population health level directly depends from atmospheric air quality factor. Development of infrastructure of cities and industry enterprises, increasing of amount of automotive transport on roads, using of wide specter of chemical substances and also trends of accumulation of industrial and domestic waste puts own negative impact on air space quality state by polluting it with ecological dangerous substances.

One of modern relevance problems is solving of tasks of environment quality saving namely atmospheric air. For it implementation we should aimed our activity into operative identification of ecological dangerous substances in atmospheric air and prevention of their distribution.

Achieving of results of in-time detection and identification of polluting substances in atmospheric air is start point for ensuring of ecological safety. Such results allows to propose measures and means for dangerous substances neutralization, ways of decreasing of their concentrations in atmospheric air up to acceptable values and prevention of their distribution.

Analysis of recent researches and publications.

The most common ways of studying of atmospheric air pollution level is bioindication, determination of chemical composition of air probes, which taking in researching district and remote scanning.

For adequate assessment of atmospheric air state widely used biological indicators as monitors. Bioindicators using for detection environmental pollutants on technogenic transformed territories [1], implementing of integral express-assessing of atmospheric space quality under conditions of industrial infrastructure changing [2], execution of impact monitoring of domestic solid waste (DSW) dumps on atmospheric space condition [3], assessment of ecological state of urbanic systems [4] and so on.

Regular probe taking of air in fixed space points which executing on stationary observation posts as a

rule provides measuring of concentration in air dust, sulfur dioxide, carbon monoxide and nitrogen oxides and also substances concentrations of which exceeding the MCL. Authors of works [6–8] was investigated questions of modernization of Monitoring of Environment State System in part of technical maintains for increasing of efficiency of its functioning, optimization of atmospheric pollution monitoring net and adequateness of operating stationary observing posts net etc.

In recent years more and more widely used remote scanning methods because they expands opportunities of detection and identification of latent sources of danger, pollutants that contained in low concentrations and investigation of zones that inaccessible for application of other researching methods. Such diagnostic methods of air pollution is most prospective.

Problem of air pollution and models of distribution pollutants in atmosphere with using of geo informational systems (GIS-technologies) was investigated in works [9–15]. They includes analysis of opportunities and science grounding of ways of creation of regional monitoring system of atmospheric air pollution based on GIS-technologies. Using of spatial characteristics expands opportunities for implementation of researches, collection, storing, analysis and distributing of information. Combining of model image of territory and information of table type allows to realize the optimal managing decisions.

Remote scanning of atmospheric air also executes with using the laser method of researching. As instrument in this case used laser monitors (lidars).

Bases of laser monitoring of environment was analyzed in works [16–18] and features of its application for ecological tasks solving presented in works [19–23].

Statement of the problem and its solution.

In connection with above this works purpose is studying of methods of identification of ecologically

dangerous substances in atmospheric air, analyzing of possible areas of its application and determination of prospective methods of obtaining of operative and truthful results under conditions of emergency situations (EmS).

Object of the study is condition of atmospheric air pollution in area of emergency situations appearance.

Subject of the study is identification of ecological dangerous substances in atmospheric air in area of emergency situations appearance.

Bioindicators usually using for assessment of existing state of environment and observing of its changes dynamic.

Specifically in work [1] author was proposed and approved original bioindication scheme of technogenic transformed territories with using of *D. melanogaster*. Implementation of that scheme allows to detect of environmental pollutants which have direct impact on indicators of viability of cohorts *D. melanogaster*, pure rate of its reproduction and also phenotype distances between elementary populations of technogenic transformed and phonic territories. Achieving of reliable results is possible by the way of comparative analysis of conditions of cohorts *D. melanogaster* which formed technogenic transformed and phonic territories during certain time period.

Integral express-assessment of quality of atmospheric space was proposed in work [2]. In accordance with results of studying such assessment was implemented using fluctuating asymmetric of vascular plants in the upper tier in conditions changing of industrial infrastructure of region. Also it was determinate the most optimal plants-indicators of city atmosphere pollution respectively to bioindication sensitivity series of tree crops. The undoubted advantages of such assessment include simplicity and absence of need for special instrumental maintenance.

Further development received the scientific basis of application of bioindicators for assessment of impact of DSW dump on environment components [3]. Author adopted using of certain bioindicator kinds (leaf blade of *Betula pendula* and lihenindication) for determination of environmental hazard states in the zone of the DSW dump.

But one and the same nature indicator can demonstrate of their reaction on certain pollutant differently that explained by process of adaptation to conditions of existence. Besides, that method is based on more longer observations of environment state and not allows detection of "latent" danger sources and clearly point on them. It is not possible to obtain operative information about degree of danger of short and salvo emissions which may be fatal to living organisms in a short time, for example in terms of emergency situation.

In addition, this system is low ineffective during cold season of year. So for implementing of qualitative and quantitative analysis of ecological dangerous substances in atmospheric air using chemical active methods of probe analyze.

For probe taking and its analysis organized posts of observation of atmospheric air pollution state (stationary, route, movable). For increasing of efficiency of work of observation posts, namely their operativeness of managing decision making, author of work [6] executes of optimization of subsystem structure of technical support of Environment Monitoring State System under standard conditions as well as in emergency situation. Hereinafter authors of research [8] proposed criterias for determination of degree of necessary of implementing of environment monitoring on enterprises which make negative impact on its state. But present atmospheric air pollution state observation posts nets not always are substantiated.

That's why in work [7] scientists solved the task of selection of location places of observation posts on bases of which proposed update general scheme of observation posts net.

Wherein identification of pollutant substances that contains in atmospheric air are pretty difficult task for analytic chemistry because of presence of hundreds toxic compounds of different classes. This explained by that toxic substances concentrations which penetrate into atmosphere from different sources in outside contains in trace or microadmixture amount levels [24].

Thus on each stage researcher should taking into account systematic errors which caused by imperfection of every link of multilink chain of probe taking method. In obtained results error of determination of substances concentration can reach 25 % wherein some measurements can last several days.

It is also important that in emergency situation appearance area determination of pollutant substance on basis of this method is difficult because of presence of danger for human (sometime taking of probe is simply impossible), besides is absent operativeness, veracity of results and consequently effectiveness of method in conditions of emergency situation in general.

Remote methods of observation of atmospheric air pollution state allows to detect of presence of ecological unsafe substances and identify their presence in conditions of emergency situation because not require of human presence in danger zone. Most wide spread of them is GIS-technologies and lidars.

Today vast majority of scientific works in which proposed certain approaches to modernization of existing system of monitoring of atmosphere of Ukraine are based on GIS-technologies. Namely, scientists proposes application of GIS-technologies for modernization of atmospheric air pollution observation posts net [9–12]. Also with using of GIS-technologies investigates of pollution of ground by atmospheric emissions, assess of state of environment components [13, 14] etc. Wherein if pictures has low spatial differentiation than it possible to implement of monitoring with rate up to 4 times per day, in case of middle spatial differentiation – up to 1 time per day or week and at high spatial differentiation – up to 1 time per month [15].

In the work [20] author proposes surely identify

source of harmful emissions with using of molecular gas lasers which has developed discrete spectrum of very narrow generation lines with enough intensity and radiation stability. It is undoubtedly their advantage over other types of laser for case of atmosphere remote monitoring.

Essentiality of laser identification method for harmful admixtures in air is that gas molecules of pollutants and aerosols absorbs and dissipates of laser radiation. Since polluted atmosphere contains not inherent gases (sulfur dioxide SO₂, nitrogen oxides NO and NO₂, hydrocarbons HC and etc.), their reactions products in form of acids or oxidants and also solid dust particles with dimensions of from 10-8 till 10-3 m (aerosols) than effect of accounting using laser ray of composition and concentrations of polluting substances on myriad of points on several routes ensure of execution of monitoring requirements about results authenticity and fullness of data [23].

In practice scanning of atmosphere with using of method of differential laser ray absorbing characterized by two ways: lidar and trass [23]. For the first way as distributed reflector used atmospheric aerosol. On that regime is possible to remote measuring of profiles of gas admixtures with spatial resolution power which determines by duration of laser impulse τ :

$$\Delta R = \frac{1}{2} cR. \quad (1)$$

For the second way is registered signal that reflects or diffusion reflects from topographic objects. Wherein is possible determination with high sensitivity of averaged concentrations of gas admixtures along the length of route of scanning in separate directions.

Certain results of application of lidar for identification of gas admixtures and aerosols in atmosphere obtained in works [20–22]. Wherein research in work [21] is aimed directly into studying of theoretical basis of laser monitoring of atmosphere in zone of appearance of emergency situation for identification of gas composition and aerosols.

For describing of aerosol diffusion of laser ray authors relied of empirical equation [19]:

$$\alpha_a = \frac{3.912}{R_m} \left(\frac{\lambda}{0.55} \right)^{-q}, \quad (2)$$

where α_a – measured in km⁻¹, λ – measured in Mm, R_m – meteorological visibility range measured in km at $\lambda = 0,55$ Mm, q – exponent which depends on R_m .

Results of calculation of values q , α_a and $\Gamma_a(R_m)$ for different R_m (see table. 1) shows that value α_a decrease significantly at visibility improving at the same time value $\Gamma_a(R_m)$ at increasing values of R_m remains unchanged and equal $3,9 \cdot 10^{-3}$ [21]. This

indicates that at $R = R_m$ adsorbed around 0.78 % of visible radiation power.

Table 1 – Calculated values q , α_a and $\Gamma_a(R_m)$ at different values of R_m and $\lambda = 0,55$ Mm

Visibility in zone of emergency situation	R_m , m	q	α_a , m ⁻¹	$\Gamma_a(R_m)$
very bad	1	0,059	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
badly	5	0,100	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
middle	10	0,126	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
satisfactorily	30	0,182	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
well	50	0,216	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
excellent	1000	0,585	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$

In conditions of badly and very bad visibility laser method allows to diagnose of zone of emergency situation for length of 1...2 km. In case of more conductive visibility more important during scanning process is laser power than ray attenuation caused by aerosols.

It should be noted that monitoring method has another significant advantages like mobility and high accuracy. Taking into account that advantages it allows not only pollution substances identification in conditions of emergency situation but also prevention of appearance of emergency situation on potential dangerous objects such as DSW dumps, peatlands, place of disposal of toxic industrial waste, pesticides for agricultural purposes, heaps and so on.

Separately it should also allocate the problem of illegal emissions into atmosphere by industrial enterprises. In recent time there is increasing of illegal nightly emissions from industrial enterprises that requires intervention by supervisory authorities for bringing the perpetrators to justice. In case of using of remote contactless method intervention in the production process is absent, concentration is averaged along the scanning track, and after selection of several directions significance of "probe" repeatedly increases.

Executed preliminary analysis shows that it necessary of allocation of several tasks solving of which in further gives opportunity of ensuring of atmospheric air and preventing of emergency situations.

Firstly, it should to classify potential unsafe objects by attributes of potential influence on atmospheric air (physical, chemical, biological, radioactive) for unification of approaches to monitoring implementation and developing of methodics of its application for obtaining of quantitative and qualitative indicators.

Secondly, it should to analyze existing mathematical models of laser scanning for identification of gas composition and aerosols and to improve them with taking into account characteristics of classification groups of potential unsafe objects, such as its geometric dimensions and accessibility to place of data taking.

Thirdly, it should to determine influence of natural conditions on implementation of diagnostic and take into account that during methodics development. To

number of this conditions it can be include meteorological indicators at the moment of monitoring executing, season of year, time of day, landscape characteristics and topographic features of terrain.

Discussion of result of the analysis of methods of identification of ecologically dangerous substances in atmospheric air.

Most of traditional methods of monitoring of environment used for assessment of general ecological state of technogenic loaded territories. Identification of ecological dangerous substances in atmospheric air is possible only in accordance with limited amount of biological indicators types, by chemical active methods and laser diagnostic. Wherein using of bioindication and implementing of chemical analysis of probes are pretty problematical in conditions of appearance of emergency situation because of presence in atmospheric air unusual for it pollutant substances and aerosols. Besides emergency situations as a rule accompanied by significant increasing of air temperature, emission of toxic substances and other latent danger factors for human that makes impossible of probe taking.

The most prospective method of identification of ecological dangerous substances in atmospheric air is lidar. This is evidenced by large number of science researches dedicated to:

- determination of parameters for best selection of lasers for lidar systems [20];
- design and developing of methods of measurement and processing of optical radiation which

aims on assessment of concentrations of pollutant gaseous admixtures and aerosols in atmosphere in zones of emergency situations [21];

– features of ecological monitoring of atmospheric air in zones of emergency situations of technogenic character [23].

However it necessary to implement of following researches such as unification of approaches of executing of monitoring and development of methods of its application for obtaining of qualitative and quantitative indicators. Because this promotes of prevention or reducing of distribution zone of emergency situation.

Conclusions. This can summarized as follows:

1. Implemented of analysis of bioindication, chemical analytical, GIS-technology and lidar methods of identification of ecological dangerous substances in atmospheric air, namely possible areas of its application, advantages and lacks during achieving of operative and truthful results in conditions of emergency situation.

2. Using of results of the study it can be recognized the lidar as the most prospective method of identification of ecological dangerous substances in atmospheric air.

3. Determined of general directions and tasks of following studies solving of that in the future allows to ensure of protection of atmospheric air and to prevent of emergency situations.

References

1. Легета У. В. Біоіндикація техногенно трансформованих територій з використанням *drosophila melanogaster mg.* (на прикладі м. Чернівці): автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.16 / У. В. Легета ; Чернівецький державний університет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці, 2006. – 24 с.
2. Пляцук Д. Л. Проведення інтегральної експрес-оцінки якості атмосферного повітря в умовах зміни промислової інфраструктури регіону / Д. Л. Пляцук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3/6 (75). – С. 58–63.
3. Корбут М. Б. Забезпечення екологічної безпеки звалищ твердих побутових відходів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 21.06.01 / М. Б. Корбут ; Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2015. – 23 с.
4. Миленька, М. М. Біоіндикаційна оцінка екологічного стану Бурштинської урбоєкосистеми: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.16 / М. М. Миленька; Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара. – Дніпропетровськ, 2009. – 21 с.
5. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Мелехова О. П., Егорова Е. И, Евсеева Т. И. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
6. Варламов Є. М. Система технічного забезпечення моніторингу навколишнього середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 21.06.01 / Є. М. Варламов ; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. – Х., 2005. – 18 с.
7. Бахарев В. С. Адекватність діючої мережі та обґрунтування пропозицій щодо розміщення стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря у м. Кременчуці / В. С. Бахарев, А. В. Маренич, М. К. Журавська // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2016. – № 4/2016 (99). – С. 80–87.
8. Варламов Е. Н. Критерии необходимости проведения мониторинга состояния окружающей природной среды на предприятиях / Е. Н. Варламов, В. А. Квасов, А. Н. Скакальский // Экология и промышленность. – 2014. – № 4. – С. 107–111.
9. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Перевірка структури мережі постів моніторингу атмосферного повітря засобами геоінформаційного аналізу / Н. Ю. Лазоренко-Гевель // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. I (25). – С. 104–109.

10. Ночвай В. Використання ГІС у задачах управління якістю повітря / В. Ночвай, Р. Криваковська, О. Іщук // Електроніка та інформаційні технології. – 2012. – Вип. 2. – С. 154–163.
11. Артемчук В. О. Математичні та комп'ютерні засоби для вирішення задачі розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 01.05.02 / В. О. Артемчук ; НАН України, Ін-т пробл. моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. – К., 2011. – 20 с.
12. Каменева І. П. Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій / І. П. Каменева, Я. В. Яцишин, Д. О. Полішко, О. О. Попов // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 41–46.
13. Красовський Г. Я. Картографічні моделі забруднення земель викидами в атмосферу / Г. Я. Красовський, О. М. Трофимчук // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки: перша Всеукр. конф. – К.: Наукова думка, 2008. – С. 159–162.
14. Крета Д. Л. Оцінка стану складових довкілля з використанням технологій дистанційного зондування землі та геоінформаційних систем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 21.06.01 / Д. Л. Крета. – К., 2017. – 20 с.
15. Крета Д. Л. Інформаційна технологія аналізу та оцінки забруднення складових довкілля / Д. Л. Крета // Математичне моделювання в економіці. – К.: Наукова думка, 2016. – № 3–4. – С. 43–56.
16. Хинкли Э. Д. Лазерный контроль атмосферы / Э. Д. Хинкли. – М.: Мир, 1979. – 386 с.
17. Зуев, В. Е. Дистанционное оптическое зондирование атмосферы В. Е. Зуев, В. В. Зуев. – С.-П. : Гидрометеоздат, 1992. – 212 с.
18. Meyer, P. L. Atmospheric pollution using CO₂-laser photoacoustic spectroscopy and other techniques / P. L. Meyer, M. W. Sigrist. – *Rov. Sci. Instrum.*, 1990. – Vol. 61. – № 7. – P. 1779–1807.
19. Васильев Б. И. ИК лидары дифференциального поглощения для экологического мониторинга окружающей среды / Б. И. Васильев, У. М. Маннун // Квантовая электроника. – М., 2006. – Т. 36. – № 9. – С. 801–820.
20. Яковлев С. В. Дистанционный газоанализ атмосферы с использованием многоволновых ик-лазеров: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / С. В. Яковлев; Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева. – Томск, 2013. – 22 с.
21. Черногор Л. Ф. Возможности применения лазерных исследований атмосферы зоны чрезвычайной ситуации / Л. Ф. Черногор, А. С. Рашкевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/9 (53). – С. 10–14.
22. Донченко В. К. Лазерные системы Ресурсного центра СПбГУ. Возможности, постановка задач и первые результаты / В. К. Донченко, Д. А. Самуленков, И. Н. Мельникова и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 122–132.
23. Вамболь В. В. Анализ особенностей экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне чрезвычайных ситуаций техногенного характера / В. В. Вамболь, А. С. Рашкевич, Н. В. Рашкевич // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2016. – № 49 (1221). – С. 85–89.
24. Особенности и методы анализа воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.anastasiya-myskina.ru/ekologiya/metodyanaliza/55/4772-osobennosti-i-metody-analiza-vozduxa.htm>. – 12.05.2013.

The article received by the editorial board 10.04.2017

В. В. Вамболь, Н. В. Рашкевич

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ

Проведено аналіз методів ідентифікації екологічно-небезпечних речовин в атмосферному повітрі. Аналіз літературних даних показав, що найбільш широко поширеними методами оцінки стану забруднення атмосфери є біологічна індикація, хіміко-аналітичне дослідження відбору проб повітря й дистанційні методи. Сучасні дистанційні методи – це ГІС-технології і лідари. Детально розглянуті особливості представлених методів. Відзначено істотні переваги лазерного моніторингу такі, як мобільність і висока точність. Це дозволяє не тільки ідентифікувати забруднюючі речовини в умовах НС, але і попереджати виникнення НС на потенційно небезпечних об'єктах таких, як звалища сміття ТПВ, торфовища, місця поховання токсичних відходів промисловості, отрутохімікатів сільськогосподарського призначення, териконів тощо. Це дослідження показало необхідність надалі дослідити можливість уніфікації підходів до проведення моніторингу й розробки методик його застосування для одержання якісних й кількісних показників.

Ключові слова: атмосферне повітря, ідентифікація забруднювальних речовин, дистанційне зондування, лазерні монітори.

В. В. Вамболь, Н. В. Рашкевич

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Проведен анализ методов идентификации экологически-опасных веществ в атмосферном воздухе. Анализ литературных данных показал, что наиболее широко распространенными методами оценки состояния загрязнения атмосферы являются биологическая индикация, химико-аналитическое исследование отбора проб воздуха и дистанционные методы. Современные дистанционные методы – это ГИС-технологии и лидары. Детально рассмотрены особенности представленных методов. Отмечены существенные преимущества лазерного мониторинга такие, как мобильность и высокая точность. Это позволяет не только идентифицировать загрязняющие вещества в условиях ЧС, но и предупреждать возникновение ЧС на потенциально опасных объектах таких, как свалки мусора ТБО, торфяники, места захоронения токсичных отходов промышленности, ядохимикатов сельскохозяйственного назначения, терриконов и тому подобное. Данное исследование показало необходимость в дальнейшем исследовать возможность унификации подходов к проведению мониторинга и разработки методик его применения для получения качественных и количественных показателей.

Ключевые слова: атмосферный воздух, идентификация загрязняющих веществ, дистанционное зондирование, лазерные мониторы.

ЗМІСТ

Любимова Н. А. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТХОДАМИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	3
Шмандій В. М., Алексеева Т. М., Харламова О. В. ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗА ПОКАЗКАМИ ДЕГРАДАЦІЇ ГРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ В УРБОСИСТЕМІ.....	11
Андронов В. А., Іванець Г. В., Калугін В. Д., Тютюнник В. В. НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРІНГУ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ, ЯКА ВКЛЮЧАЄ АВТОМАТИЗОВАНІ ПРИСТРОЇ ТА БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ.....	18
Кондратенко О. М., Міщенко І. В., Чернобай Г. О. ВРАХУВАННЯ ЗМІНИ НАПОРУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ВПЛИВУ НОРМАТИВНОЇ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА НА ВИСОТУ ПІДЙОМУ СТРУМЕНЯ ВОДИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	27
Лобойченко В. М., Васюков О. Є. ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВОДОЙМИЩ ЗА ПАРАМЕТРОМ ПИТОМОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ.....	35
Лицкевич А. Н., Гулькович М. В., Черничко О. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КАЧЕСТВЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ.....	40
Побережна Л. Я., Станецький А. І. ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВНАСЛІДОК ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ.....	45
Vambol S. O., Kondratenko O. M. CALCULATED SUBSTANTIATION OF CHOICE OF UNITS OF MONETARY EQUIVALENTS OF COMPLEX FUEL AND ECOLOGICAL CRITERIA COMPONENTS.....	53
Резніченко Г. М., Бутенко А. М. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВОЛЬФРАМОВІСНОЇ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ.....	61
Вамболь С. А., Колосков В. Ю., Деркач Ю. Ф. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ, ПРИЛЕГЛИХ ДО МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ, НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ ЕКОЛОГІЧНОГО РЕЗЕРВУ.....	67
Vambol V., Rashkevich N. ANALYSIS OF METHODS OF IDENTIFICATION OF ECOLOGICALLY DANGER SUBSTANCES IN ATMOSPHERIC AIR.....	73

TABLE OF CONTENT

Lyubymova N. PECULIARITIES OF ORGANIZATION OF CONTROL OF POLLUTION DURING THE RECONSTRUCTION OF THERMAL POWER PLANTS TO ENSURE TECHNOGENIC AND ENVIRONMENTAL SAFETY.....	3
Shmandiy V., Alekseeva T., Kharlamova E. CHARACTERISTICS OF ECOLOGICAL DANGER OF METRICS DEGRADATION OF LAND COVER IN URBAN SYSTEM.....	11
Andronov V., Ivanets G., Kalugin V., Tiutiunik V. SCIENTIFIC AND TECHNICAL BASES OF THE COMPLEX SYSTEM MONITORING ECOLOGICAL POLLUTION ZONES WHICH IS TURNING ON THE AUTOMATED CONTROL UNITS AND UNMANNED AERIAL VEHICLES.....	18
Kondratenko O., Mischenko I., Chernobay G. ACCOUNTING FOR PRESSURE CHANGE IN THE IMPACT DETERMINATION OF REGULATORY MANUFACTURING PRECISION OF FIRE NOZZLE ON THE ITS WATER JET HEIGHT OF LIFTING DURING THE ENSURING OF TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL SAFETY.....	27
Loboychenko V., Vasyukov O. EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON THE STATE OF SURFACE WATER OF RESERVOIRS BY THE PARAMETER OF SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY.....	35
Litskievich A., Gulkovich M., Chernichko O. USING OF SEWAGE SLUDGE DAIRY PLANTS AS NON-TRADITIONAL FERTILIZERS.....	40
Poberezhna L., Stanetsky A. ASSESSMENT OF POTENTIAL ENVIRONMENTAL RISKS FROM THE ANTITERRORIST OPERATION.....	45
Vambol S., Kondratenko O. CALCULATED SUBSTANTIATION OF CHOICE OF UNITS OF MONETARY EQUIVALENTS OF COMPLEX FUEL AND ECOLOGICAL CRITERIA COMPONENTS.....	53
Reznichenko M., Butenko A. INVESTIGATION OF METHODS OF PROTECTION OF ATMOSPHERIC AIR IN PROCESSING OF TUNNEL-CONTAINING SECONDARY RAW MATERIALS.....	61
Vambol S., Koloskov V., Derkach Yu. ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITION OF TERRITORIES ADJOINED TO WASTES STORAGE SITES BASED ON ENVIRONMENTAL RESERVE CRITERION.....	67
Vambol V., Rashkevich N. ANALYSIS OF METHODS OF IDENTIFICATION OF ECOLOGICALLY DANGER SUBSTANCES IN ATMOSPHERIC AIR.....	73

СПИСОК АВТОРІВ

Алексеева Т. М.	11	Лобойченко В. М.	35
Андронов В. А.	18	Любимова Н. А.	3
Бутенко А. М.	61	Міщенко І. В.	27
Вамболь В. В.	73	Побережна Л. Я.	45
Вамболь С. О.	53, 67	Рашкевич Н. В.	73
Васюков О. Є.	35	Резніченко Г. М.	61
Гулькович М. В.	40	Станецький А. І.	45
Деркач Ю. Ф.	67	Тютюнник В. В.	18
Іванець Г. В.	18	Харламова О. В.	11
Калугін В. Д.	18	Черничко О. А.	40
Колосков В. Ю.	67	Чернобай Г. О.	27
Кондратенко О. М.	27, 67	Шмандій В. М.	11
Лицкевич А. Н.	40		

LIST OF AUTHORS

Alekseeva T.	11	Loboychenko V.	35
Andronov V.	18	Lyubymova N.	3
Butenko A.	61	Mischenko I.	27
Vambol S.	73	Poberezhna L.	45
Vambol V.	53, 67	Rashkevich N.	73
Vasyukov O.	35	Reznichenko M.	61
Gulkovich M.	40	Stanetsky A.	45
Derkach Yu.	67	Tiutiunik V.	18
Ivanets G.	18	Kharlamova E.	11
Kalugin V.	18	Chernichko O.	40
Koloskov V.	67	Chernobay G.	27
Kondratenko O. M.	27, 67	Shmandiy V.	11
Litskievich A.	40		

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

УДК

І. І. Іванов, вчений ступінь, вчене звання, посада
Назва установи
вулиця, будинок, місто, країна, індекс

НАЗВА СТАТТІ (мовою оригіналу)

Анотація (мовою статті) 8–10 строк, вирівнювання по ширині сторінки, з абзацним відступом 0,5 см.

Ключові слова: 8-10 слів (мовою статті). Словосполучення «Ключові слова» напівжирним шрифтом.

Постановка проблеми. Текст розділу – постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Параметри сторінки: справа, зліва – 2 см, зверху знизу – 2,5 см. Форматування основного тексту статті у дві колонки з проміжком 1 см. Абзацний відступ 0,5 см, шрифт Time New Roman, кегль 10, одинарний інтервал. Обсяг статті 6–8 повних сторінок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Текст розділу – аналіз досліджень і публікацій за останні 5-7 років в тому числі і іноземних (не менше 40%), в яких започатковано розв'язання проблеми, що розглядається автором, виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.

Постановка завдання та його вирішення. Текст розділу – формулювання цілей статті (постановка завдання), виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Таблиці подаються в книжній орієнтації, повинні мати тематичну назву, відцентровані. Довжина таблиці не більше однієї сторінки. Для емких таблиць допускається шрифт 8–9 pt. Підпис до таблиці розміщується над таблицею, вирівнювання по центру. Перед назвою та після таблиці залишати порожній рядок. Приклад оформлення таблиці 1.

Таблиця 1 – Функції щільності окремих розподілів

№	Розподіл	Поведінка функції	Похибка, %
1.	Парето	x^{-N}	25–30

Рисунки (діаграми, фото та ін.) подаються у чорно-білому зображенні після згадування в тексті. Підписи до самого рисунка не включати, розміщувати по

центру. Перед рисунком та після його назви залишати порожній рядок. Приклад оформлення наведено на рисунку 1.

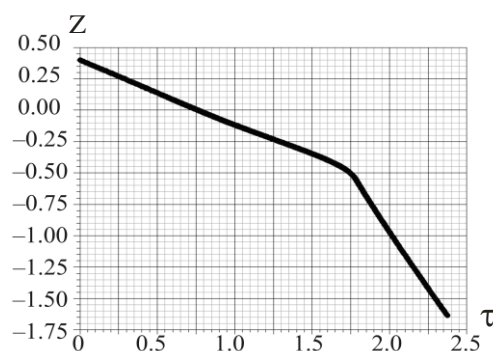


Рисунок 1 – Залежність координати Z елементарного обсягу газу від часу τ

Формули мають бути набрані у редакторі формул Microsoft Equation, стиль математичний, розмір формул 10 pt. Не розташовувати у таблицях. Формули завдовжки понад 8 см розбивають на блоки (в окремих випадках по ширині сторінки – 17 см). Нумерація формул – справа в дужках. Перед формулою та після неї залишати порожній рядок

$$A_2\alpha + B_2\beta = C, \quad (1)$$

де *A*, *B* – латинські літери наводяться курсивом, α , β – літери грецького алфавіту – прямим шрифтом.

Висновки. Текст розділу – висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Література

1. Література подається мовою оригіналу у порядку посилань у тексті згідно з ДСТУ 7.1–2006.
2. Самоцитування не більш ніж 20%.

Стаття надійшла до редакції (курсивом вирівнювання по правому краю)

И. И. Иванов
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: 0

I. I. Ivanov
PAPER TITLE

Abstract in English

Keywords:

PAPER FORMATTING REQUIREMENTS

UCD

I. I. Ivanov, academic degree, academic title, position

The name of the institution

street, building, city, country, postal code

PAPER TITLE (in paper language)

Abstract (in paper language) 8-10 lines, full text justification, paragraph indentation 0.5 cm.

Keywords: 8-10 words (in paper language). The word-combination “Key words” is in bold-faced type.

Problem statement. The section text is the problem setting in general and its connection with the important scientific or practical tasks.

Page setup: right, left – 2 cm below, from top – 2.5 cm. The formatting of the main text in two columns with a gap of 1 cm. Paragraph indentation 0.5 cm., font: Times New Roman, font size 10, single line spacing. The volume of an article: 6-8 full pages.

Analysis of the recent researches and publications. The section text is the analysis of researches and publications for the last 5-7 years including the foreign ones (not less than 40%) in which solution of the problem, considered by the author, has been initiated; still unsolved aspects of the problem to which the paper is dedicated are identified.

Statement of the problem and its solution. The section text is the formulation of the paper objectives (task setting), presentation of the basic research material with full justification of the scientific results.

Tables are presented in the portrait orientation; they should have a thematic name, to be centred. The table length should not exceed one page. For large tables the font 8-9 pt is allowed. The table caption is given above the table, in the middle of the text. Before the title and after the table a blank line is left. The example of the table 1.

Table 1 – Density functions of individual distributions

№	Distribution	Behaviour of function	Error, %
1.	Pareto	x^{-N}	25–30

Figures (diagrams, photos, etc.) are submitted in black-and-white image after the reference in the text. The

captions to the picture are not included, in the middle of the text. Before the figure and after its title a blank line is left. The example of the figure 1.

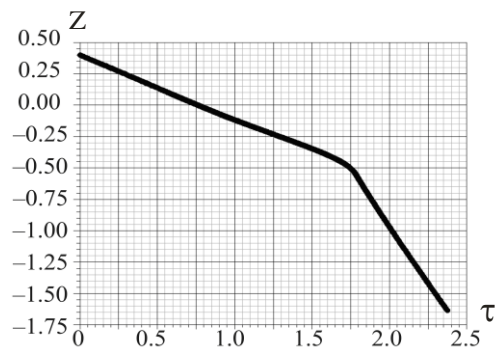


Figure 1 – Dependence of the coordinate Z of the elementary volume of gas on time τ

Equations should be typed in equation editor Microsoft Equation, mathematical style, formula size 10 pt. Do not place them in the tables. The equations longer than 8 cm are divided into blocks (in some cases to fit the page width – 17 cm). The equation numbers are given in parentheses. Before and after the equation a blank line is left

$$A_2\alpha + B_2\beta = C, \quad (1)$$

where *A, B* – Latin letters are given in italics, α, β – the letters of the Greek alphabet – normal font.

Conclusions. The text section is the findings of the study and perspectives for further research in this direction.

References

1. Publications in the list of references are given in the original language in the order of citation in the text in accordance with DSTU 7.1–2006.
2. Self-citation of no more than 20%.

The article received by the editorial board (italics right-alignment)

I. I. Ivanov
PAPER TITLE
 Abstract in Russian
Keywords:

I. I. Ivanov
PAPER TITLE
 Abstract in English
Keywords:

Наукове видання

**Науково-технічний журнал
«ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»**

Випуск 2

Головний редактор В. В. Вамболь

Відповідальний секретар Н. В. Дейнеко

Підписано для друку 27.04.2017. Формат 60x84/8

Папір 80 г/м². Ум. друк. арк. 10,5

Тираж 300 прим. Зам. 283/2017

Науковий відділ з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки
науково-дослідного центру

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України

61023, Харків, вул. Чернишевська, 94

Електронна адреса: <http://nuczu.edu.ua>